N° d'ordre :
93

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

POUR OBTENIR

le grade de Docteur ès Sciences Naturelles

PAR

Philippe DUCHAUFOUR

Licencié ès Sciences
Ingénieur Agronome
Inspecteur des Eaux et Forêts
Chef de Section à la Station de Recherches et Expériences forestières

---

1re **THÈSE : Recherches écologiques sur la Chênaie atlantique française.**

2e **THÈSE : Propositions données par la Faculté.**

Soutenue le Novembre 1948 devant la Commission d'examen

MM. P. MATHIAS, Doyen, *Président.*
L. EMBERGER ..... } *Assesseurs*
G. DENIZOT..... }

Ouvrage publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

---

NANCY
IMPRIMERIE GEORGES THOMAS
1948

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555602_0023

N° d'ordre :
93

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

POUR OBTENIR

le grade de Docteur ès Sciences Naturelles

PAR

Philippe DUCHAUFOUR

Licencié ès Sciences
Ingénieur Agronome
Inspecteur des Eaux et Forêts
Chef de Section à la Station de Recherches et Expériences forestières

---

1re **THÈSE: Recherches écologiques sur la Chênaie atlantique française.**

2e **THÈSE: Propositions données par la Faculté.**

Soutenue le Novembre 1948 devant la Commission d'examen

MM. P. MATHIAS, Doyen, *Président.*
L. EMBERGER ..... } *Assesseurs*
G. DENIZOT..... }

Ouvrage publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

---

NANCY
IMPRIMERIE GEORGES THOMAS
1948

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

Doyen: M. P. MATHIAS, Professeur de Zoologie et Biologie générale (T.).

Professeurs honoraires: MM. E. FABRY, E. BATAILLON, R. JACQUES, J. PAVILLARD, J. CABANNES.

Maîtres de Conférences honoraires: MM. F. MOURGUES et L. MAURY.

Professeurs:

MM.	E. TURRIERE	(T.)	Mécanique rationnelle.
	P. HUMBERT	(T.)	Mathématiques pures.
	J. SOULA	(T.)	Mathématiques.
	E. CARRIERE	(T.)	Chimie.
	M. MOUSSERON	(T.)	Chimie.
	L. EMBERGER	(T.)	Botanique.
	Ch. BOUHET	(T.)	Physique.
	G. DENIZOT	(T.)	Géologie.
Mlle	O. TUZET	(T.)	Zoologie.
MM.	P. CHATELAIN	(T.)	Minéralogie.
	P. DIVE		Mathématiques.
	J. TROCHAIN		Botanique coloniale.

Maîtres de Conférences:

Mlle	G. CAUQUIL	Chimie.
M.	J. MOTTE	Botanique.

Secrétaire: M. P. VERLIAC.

Membres du Jury

MM.	P. MATHIAS	Président.
	L. EMBERGER	Assesseurs.
	G. DENIZOT	

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

RECHERCHES ÉCOLOGIQUES

SUR LA

CHÊNAIE ATLANTIQUE FRANÇAISE

SOMMAIRE

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER. — *But de ce travail et méthodes suivies* 9
I. — Objet de ce mémoire 9
II. — Méthodes d'études des sols 12
III. — Méthodes d'études des associations 21

CHAPITRE II. — *Caractères écologiques et floristiques des régions étudiées*.. 28
I. — Choix d'une méthode permettant de caractériser le climat 28
II. — Caractéristiques climatiques des régions étudiées 33
III. — Caractères des affleurements géologiques des régions étudiées .. 34
IV. — Les éléments floristiques des régions étudiées 35

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER. — *Les sols et les associations du secteur ligérien* 39
I. — Considérations d'ensemble 39
II. — Les sols bruns et les sols lessivés 47
III. — Les sols podzoliques 70
IV. — Les podzols 95
V. — L'évolution des sols et des associations dans le secteur ligérien .. 115

CHAPITRE II. — *Les sols et les associations du secteur armoricain* 126
I. — Considérations d'ensemble 126
II. — Les sols bruns et les sols lessivés 135
III. — Les sols podzoliques 150
IV. — Les podzols et les sols humiques 166
V. — L'évolution des sols et des associations dans le secteur armoricain 180

CHAPITRE III. — *Les sols et les associations du sous-secteur des Landes* .. 200
I. — Considérations d'ensemble 200
II. — Les sols squelettiques et les sols jeunes 210
III. — Les sols podzoliques 212
IV. — Les podzols 220
V. — L'évolution des sols et des associations dans le sous-secteur des Landes 240

TROISIÈME PARTIE

Chapitre premier. — *L'évolution régressive des sols et des associations en climat atlantique* 251
I. — Introduction 251
II. — La matière organique et l'humus, leurs propriétés essentielles .. 252
III. — Processus de la podzolisation en climat atlantique 264
IV. — L'évolution régressive des associations 275
V. — Influence des grands facteurs écologiques sur l'évolution régressive des sols et des associations 280

Chapitre II. — *L'évolution progressive des sols et des associations en climat atlantique* 293
I. — L'évolution progressive des associations 293
II. — L'évolution progressive des sols 299

Chapitre III. — *La question du climax* 304
I. — Le climax dans le domaine atlantique 305
II. — Les associations paraclimaciques 306

Appendice : *Application à la mise en valeur des forêts dégradées et des landes en climat atlantique* 311

Conclusions générales 317

Bibliographie 321

AVANT-PROPOS

Avant d'entreprendre l'exposé des résultats de mes recherches, je tiens à exprimer ma sincère admiration et ma profonde gratitude à M. le Professeur EMBERGER, Directeur de l'Institut Botanique de Montpellier, qui a bien voulu diriger mes travaux et qui m'a guidé avec sa remarquable maîtrise, malgré ses multiples occupations et en dépit des grandes difficultés qui naissaient de l'éloignement de ma résidence par rapport à Montpellier: je lui sais gré, tout particulièrement, de l'indulgence et de la compréhension dont il a toujours fait preuve à mon égard.

Je dois également beaucoup à M. J. BRAUN-BLANQUET, Directeur du S. I. G. M. A., dont l'autorité est grande en matière de phytosociologie, et qui m'a toujours accueilli et guidé avec bienveillance: c'est à son contact que je me suis familiarisé avec les méthodes modernes de l'Ecole dite de Montpellier-Zürich, et c'est dans sa bibliothèque que j'ai trouvé les travaux portant sur les progrès les plus récents de la pédologie: je tiens à lui en exprimer ma bien vive gratitude. Je remercie également M. TROCHAIN, Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, pour son accueil extrêmement cordial et ses précieux conseils, ainsi que MM. les Professeurs MATHIAS et DENIZOT d'avoir bien voulu accepter de faire partie du jury.

J'ai contracté une grande dette de reconnaissance envers mes maîtres du corps enseignant de l'*Ecole Nationale des Eaux et Forêts:* c'est M. GUINIER, actuellement Directeur honoraire de l'Ecole qui, par son magistral enseignement, m'a donné le goût particulièrement vif de l'étude de la biologie forestière; je me permets de lui exprimer ici mon admiration, pour sa vaste expérience et sa connaissance quasi intuitive de cette science merveilleuse. M. OUDIN, Directeur de l'Ecole, m'a fréquemment aidé et conseillé en matière de pédologie forestière, science dans laquelle il a été un véritable pionnier et pour laquelle sa compétence est universellement reconnue. Enfin, M. ROL, Sous-Directeur et professeur de Botanique, a été pour moi un guide sûr et amical, n'hésitant pas à consacrer une grande partie de son temps à suivre mes travaux de près, et bien souvent à m'accompagner sur le terrain: je lui dois beaucoup, notamment, pour l'orientation de

l'ensemble de ma thèse ; c'est lui qui, en effet, a émis l'hypothèse audacieuse aux yeux de bien des botanistes, de la lande-climax, dans le domaine atlantique, et qui m'a demandé de chercher dans l'étude des sols une solution à la question. Les uns et les autres ont mis à ma disposition les moyens matériels indispensables, sans lesquels je n'aurais pu parvenir au bout de mon entreprise ; de cela aussi je les remercie tout particulièrement.

Je n'oublie pas non plus tout l'intérêt que M. Paillié, Directeur de l'*Ecole des Barres*, a porté à mon travail et toute la compréhension dont il a fait preuve à cet égard, lorsque j'étais en résidence aux Barres en 1944 et 1945.

Je tiens à exprimer à mon camarade et ami Georges Aubert, ma gratitude profonde et affectueuse : c'est lui qui m'a entraîné vers la pédologie, me communiquant son bel enthousiasme pour cette science nouvelle. Dès 1944, il a bien voulu mettre son laboratoire à ma disposition, malgré les difficultés matérielles qui se multipliaient, pour me permettre de m'initier aux méthodes d'analyses les plus récentes. Enfin, malgré sa tâche écrasante, il n'a jamais hésité à sacrifier sa peine et son temps de la manière la plus désintéressée, pour me faire bénéficier de son expérience profonde en matière de pédologie.

Je remercie aussi bien vivement M. l'Inspecteur Pourtet, Chef de la 3e Section de la Station de Recherches et Expériences Forestières, spécialiste averti en matière de repeuplement, qui a bien voulu me donner les conseils techniques indispensables à la rédaction de l'appendice portant sur la mise en valeur des landes, ainsi que MM. les Professeurs Tamm de Stockholm, et Palmann de Zürich, pour les nombreux renseignements qu'ils m'ont communiqués.

La subvention qui m'a été accordée par le Centre National de la Recherche Scientifique, m'a permis de subvenir aux frais de publication des illustrations de ma thèse : je prie tous ses membres de trouver ici l'expression de ma vive gratitude.

Enfin, je prie tous mes camarades des *Eaux et Forêts* et Ingénieurs Agronomes en service dans les régions que j'ai parcourues, d'agréer l'expression de mes remerciements très cordiaux pour l'aide matérielle qu'ils m'ont fournie et grâce à laquelle j'ai pu mener à bien mon entreprise. Dans tous les départements que j'ai parcourus, l'Allier, le Loiret, le Loir-et-Cher, la Seine-et-Marne, l'Orne, le Finistère, l'Ille-et-Vilaine, la Gironde, les Landes, etc..., j'ai partout reçu une aide amicale et désintéressée qui m'a vivement touché. Je tiens à remercier spécialement M. G. Drouineau, Directeur de la Station Agronomique d'Antibes, pour ses conseils judicieux en matière d'analyses chimiques.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

BUT DE CE TRAVAIL ET MÉTHODES SUIVIES

I. — Objet de ce Mémoire

De longue date, les phytosociologues et les forestiers ont été frappés par la fréquence des Landes dans le domaine atlantique français : la forêt semble y être en équilibre instable et cela d'autant plus qu'elle est soumise à un climat océanique ; elle manifeste une tendance à *se dégrader* (1) et à évoluer vers la *lande*.

Il nous a paru intéressant d'essayer d'étudier les variations du sol concomitantes à cette évolution des associations forestières, et dans la mesure du possible de dégager l'influence réciproque de l'état du sol sur la végétation, et de la végétation sur le sol, au cours de cette double évolution ; il va sans dire que ce problème soulève de graves difficultés ; si dans certains cas, des renseignements historiques ont pu nous être fournis par des documents, tels que les anciens aménagements, le plus souvent, l'obscurité la plus complète règne sur les états antérieurs successifs d'une station étudiée : on en est réduit à essayer de reconstituer dans l'espace, les stades successifs de l'évolution, que l'on suppose avoir eu lieu dans le temps ; de plus, lorsque deux phénomènes s'observent simultanément, tels qu'une certaine modification de la flore et du sol, il est particulièrement malaisé, le plus souvent, de savoir lequel précède l'autre, lequel est la cause et lequel l'effet. Nous nous sommes souvent heurté à ces deux difficultés que bien des fois nous n'avons pu résoudre qu'en formulant des hypothèses.

Il est cependant possible d'affirmer maintenant avec certitude que la dégradation de la forêt et son remplacement par la lande est accom-

(1) Le terme de *dégradation* est utilisé par les forestiers pour désigner une évolution de la forêt vers une formation clairiérée, et finalement vers une lande à Ericacées, ou une association à Graminées acidophiles prédominantes.

pagnée, dans la grande majorité des cas (à part quelques exceptions dont nous parlerons), par un lessivage du sol, et même une véritable *podzolisation;* à ce propos, il nous a paru intéressant au point de vue scientifique d'essayer d'apporter quelque lumière sur les points fondamentaux suivants: Quel est le processus de cette double évolution, dans quelle mesure est-il lié à l'intervention humaine, ou, dans certains cas, plus ou moins indépendant de celle-ci ? Quelle est, dans cette évolution, la part respective des facteurs écologiques fondamentaux, climat, roche-mère, topographie, végétation elle-même, étant donné son influence profonde sur le sol qui la supporte ? Là encore, en raison du grand nombre de « variables indépendantes », il sera difficile de répondre à ces questions: nous nous efforcerons d'essayer de réaliser certaines comparaisons, entre des stations ne différant dans la mesure du possible que par un seul de ces facteurs, les autres restant sensiblement constants; il est inutile de souligner la rareté des circonstances aussi favorables, et par conséquent la nécessité de se contenter bien souvent d'une certaine approximation.

Nous nous sommes également posé la question de savoir dans quelle mesure ces processus d'évolution de la forêt et du sol pouvaient être retardés, freinés, voire arrêtés complètement par l'homme; enfin, un dernier problème a retenu notre attention, celui de la possibilité d'une évolution inverse, autrement dit de la réinstallation de la forêt primitive sur un sol de lande, et simultanément de la transformation d'un podzol, ou tout au moins d'un sol très lessivé, en un sol brun, ou faiblement lessivé.

Si l'intérêt scientifique de ces diverses questions semble indéniable, leur importance pratique n'apparaît pas moindre; de tous temps le problème du reboisement des landes a préoccupé le corps forestier, et bien souvent les essais tentés pour le résoudre ont abouti à des échecs: la première raison réside dans la méconnaissance de la pédologie, science encore nouvelle en France, et dont l'importance en matière de sylviculture n'a été comprise que depuis quelques années; la seconde raison tient au fait que les études phytosociologiques n'ont bien souvent été pratiquées que d'un point de vue purement statique, alors que l'étude de la succession des associations forestières dans le temps a été négligée. Si l'on désire favoriser le retour au « Climax », n'est-il pas indidpensable de connaître de manière détaillée cette évolution, afin de tenter d'en parcourir les stades successifs en sens inverse, lorsqu'elle apparaît possible ?

Nous n'avons pas ici la prétention de résoudre ce problème considérable, mais seulement d'apporter une modeste contribution à sa

solution : même si nous n'arrivons qu'à démontrer que dans certains cas précis, le retour à la forêt semble très aléatoire, et nécessitera des travaux et des dépenses hors de proportion avec un résultat hypothétique, alors que dans d'autres circonstances au contraire, il apparaît aisé, nous estimerions ne pas avoir perdu notre temps.

L'idéal aurait été, évidemment, de réaliser une étude complète au point de vue phytosociologique et au point de vue pédologique, de tous les types de sols, et de toutes les associations forestières de l'ensemble du domaine atlantique français. L'immensité d'une pareille tâche, à laquelle une vie humaine ne suffirait pas, n'échappera à personne ; c'est la raison pour laquelle nous nous sommes limité à quelques exemples.

Au point de vue géographique nous avons limité nos investigations à trois région essentielles : les deux premières correspondent à peu près à deux secteurs (1) phytogéographiques, le secteur ligérien et le secteur armoricain ; la troisième au sous-secteur des Landes de Gascogne. Chacune de ces régions offre l'avantage d'être suffisamment homogène au point de vue floristique, pour présenter des types d'associations bien définis, et au point de vue climatique, pour permettre l'étude de sa flore en liaisons avec les sols, en éliminant — dans une certaine mesure — le facteur climat ; par contre, la comparaison de ces régions permet de mettre en relief l'influence primordiale du climat. Il est à noter que chacune de ces région n'a pu être prospectée à fond, mais que nous nous sommes borné à étudier un certain nombre de stations choisies parmi celles qui nous ont paru les plus caractéristiques et les plus démonstratives.

Au point de vue des roches-mères : nous nous sommes limité à celles qui semblaient particulièrement sujettes à donner naissance à des sols lessivés, ou à des podzols : nous avons laissé de côté les roches calcaires, qui supportent le plus souvent des types de sols azonaux, portant l'empreinte accentuée de caractères de la roche-mère.

Les roches que nous avons étudiées peuvent se grouper en deux catégories principales :

1° Les roches cristallines et les roches sédimentaires dures, surtout les grès quartzeux et les schistes, fréquentes dans le secteur armoricain.

2° Les roches sédimentaires tendres non consolidées, argiles et sables, observées surtout dans le secteur ligérien.

Les Landes de Gascogne constituent un terrain d'élection pour l'étude de l'évolution des roches sableuses et la formation de l'alios.

(1) Voir dans le chapitre II la définition et la délimitation des secteurs.

En ce qui concerne les associations, nous avons limité leur étude aux différents types de Chênaie, dans lesquels le Chêne, le plus souvent dominant, est, en général, mélangé d'autres essences (Hêtre, Charme ou Pin maritime dans les Landes de Gascogne), ainsi qu'aux groupements qui en dérivent par dégradation (landes). Comme dans bien des cas le nombre de nos relevés étaient insuffisants, nous avons rattaché la plupart des associations envisagées, à celles précédemment définies par d'autres auteurs, BRAUN-BLANQUET, ALLORGE, LEMÉE en particulier.

II. — Méthodes d'études des sols

Nous nous sommes placé pour l'étude des sols sur le terrain exclusivement pédologique : nous avons classé les sols, d'après leur degré de lessivage en comparant entre eux pour un sol donné, les divers horizons, tant au point de vue morphologique (*profil*) qu'analytique ; c'est la raison pour laquelle nous nous en sommes tenu principalement aux analyses pouvant donner des renseignements sur le degré d'évolution des sols étudiés.

1° MÉTHODES D'ANALYSES UTILISÉES

Pour tous les sols étudiés, il a été procédé à l'analyse mécanique de la terre fine (éléments inférieurs à 2 mm.) et à la mesure du pH des divers horizons : pour certains sols, cette analyse a été complétée par l'analyse du fer ou de la chaux échangeable.

Analyse mécanique

Nous avons adopté la méthode internationale de 1926 décrite par DEMOLON [60] ; cette méthode vise à classer les éléments en quatre catégories de grosseur :

1re fraction : éléments inférieurs à 0 mm. 002 : argiles.
2e fraction : éléments compris entre 0 mm. 002 et 0 mm. 02 : limons.
3e fraction : éléments compris entre 0 mm. 02 et 0 mm. 2 : sables fins.
4e fraction : éléments compris entre 0 mm .2 et 2 mm. : sables grossiers.

L'ensemble de ces quatre fractions constitue la terre fine ; tout ce qui ne passe pas à travers les mailles du tamis de 2 mm. constitue les graviers et les cailloux.

Conformément aux conventions de l'association internationale de la Science du sol, la terre fine est d'abord traitée à l'eau oxygénée pour l'élimination de la matière organique, puis à l'acide chlorhydrique en

vue de la destruction des agrégats. L'ammoniaque est utilisée comme agent de dispersion. Enfin, on procède au fractionnement des argiles et des limons, à l'aide de la pipette de Robinson, après un temps de sédimentation variable avec la température: les sables grossiers sont obtenus par tamisage au tamis de 0 mm. 2. Ces méthodes de dispersion et de fractionnement sont celles de Robinson.

Pour quelques sols podzoliques et podzols, pauvres en argile, nous avons cru possible de supprimer l'attaque à l'acide chlorhydrique, nous bornant à obtenir la dispersion par trituration dans l'eau distillée (méthode de Schlœsing) et par l'ammoniaque. Une dizaine d'essais comparatifs, effectués en utilisant les deux méthodes, nous ont, en effet, donné constamment des résultats identiques.

Dans certains cas, il nous a paru utile d'obtenir par la méthode de Tamm [**216**] de détermination de l'Index des minéraux basiques (Basmineralindex), des renseignements sur la composition minéralogique des sables grossiers. Cette méthode a pour but de séparer, par l'utilisation de liquides lourds, les minéraux d'une densité supérieure à 2,68, de ceux qui ont une densité inférieure (surtout Quartz). L'index est alors le rapport minéraux lourds/minéraux légers %. Ce procédé donne d'utiles renseignements sur la roche-mère et il nous a permis de vérifier, en particulier, que les Sables de Sologne, de Fontainebleau, des Landes de Gascogne et des vieilles dunes de Garcogne étaient presque exclusivement quartzeux.

Dosage de la matière organique

Le dosage exact de la matière organique est très délicat: le dosage d'azote total (méthode de Kjeldahl) ne donne pas de renseignements précis, étant donné la variabilité de la teneur en azote de la matière organique des sols; le dosage du Carbone organique est plus précis, car la teneur de la matière organique des sols en carbone offre moins de variations (58 %). La méthode par voie sèche, ou la méthode plus rapide de Schollenberger [**207**], améliorée par Anne [**16**], donnent de bons résultats: mais la première méthode est longue et délicate, et les deux autres ne donnent le Carbone organique qu'avec une certaine approximation; de plus, suivant les types de matière organique, le coefficient qui permet de passer du taux de carbone au taux de matière organique, varie de 1,65 à 2 (Demolon [**60**]). Pour toutes ces raisons, nous avons dosé la matière organique, en mesurant la perte au feu, corrigée par déduction de 10 % du poids d'argile. Cette méthode souvent critiquée semble devoir donner des résultats exacts pour la plupart des types de sols analysés ici, qui ne sont jamais calcaires

et sont en général très sableux. Pour les sols plus riches en argile, cette analyse devient imprécise ; pour certains de ces sols, nous l'avons alors complétée par le dosage de la *matière organique humifiée,* soluble dans la soude étendue (1) ; le dosage est effectué volumétriquement au permanganate (méthode décrite par DEMOLON [60]). Pour certains sols typiques nous avons, en outre, calculé le rapport C/N de la matière organique (tableau XXV).

Mesure du pH

Le pH a été mesuré, par la méthode colorimétrique, en comparant la teinte obtenue avec une échelle graduée. Les colorants utilisés ont été les suivants :

pH 6 à 7,6 : Bleu de Bromothymol.
pH 4,6 à 6 : Rouge de Méthyle.
pH 3,8 à 5,2 : Vert de Bromocrésol.
pH 3 à 4,5 : Bleu de Bromophénol.

Analyse du fer libre

Il s'agit de l'analyse de l'oxyde de fer soluble dans l'acide oxalique à 2 %. Cette analyse est en effet plus intéressante dans la majorité des cas au point de vue pédologique, que celle du fer total : cette dernière ne donne aucun renseignement sur le degré de lessivage des sols, puisqu'on ne connaît pas la proportion du fer engagée dans des combinaisons complexes, plus ou moins insolubles. Au contraire, l'acide oxalique dissout les oxydes de fer complètement libres ainsi que les oxydes de fer engagés dans des combinaisons lâches, de nature colloïdale, pouvant migrer facilement : la teneur en fer libre renseigne sur le degré de lessivage du sol ; JOFFE [134] fait remarquer à ce propos que le fer, n'étant que faiblement absorbé par les racines des plantes, donne à ce sujet des renseignements plus précis, que les cations alcalins ou alcalino-terreux, qui retournent partiellement à la surface par la couverture morte.

Le fer formant avec l'acide oxalique, un complexe colloïdal, il n'est pas possible d'en obtenir la précipitation par les bases fortes (DEMOLON et BASTISSE [61]) et la méthode habituelle ne peut être utilisée, d'autant plus que le fer se trouve souvent en très faible quantité : nous avons eu alors recours à une méthode colorimétrique, en utilisant le colorimètre de PULFRICH. Les solutions sont teintées à

(1) Cette méthode, qui, en présence d'oxygène, donne des résultats parfois un peu trop élevés, permet d'obtenir cependant des renseignements suffisamment précis sur le degré d'humification de la matière organique.

l'aide d'une quantité donnée de sulfocyanure de potassium. L'appareil est préalablement étalonné à l'aide d'une série de liqueurs de titre connu, et les logarithmes des intensités d'éclairement étant proportionnels à la concentration de la liqueur, on obtient ainsi, en portant en abcisses les concentrations, en ordonnées les logarithmes des éclairements, une droite qui peut ensuite servir de base à tous les dosages.

Analyse du fer soluble dans les acides forts

Il est un cas où cependant l'analyse du fer libre ne peut donner aucun renseignement précis, c'est le cas des sols à *Alios* dans lesquels le fer entre dans des combinaisons complexes, insolubles dans l'acide oxalique. Il faut alors pratiquer l'analyse du fer soluble dans les acides forts.

L'attaque est faite par l'acide chlorhydrique pur, additionné d'un peu d'eau (30 cm^3 HCl + 15 cm^3 eau) à chaud.

Le fer est réduit à l'état ferreux, puis dosé à cet état par le permanganate en présence d'une solution contenant du sulfate de manganèse et de l'acide phosphorique.

Analyse de la chaux échangeable

Cette analyse offre un certain intérêt pour différencier des sols présentant, au point de vue physique et au point de vue de l'évolution pédologique, des caractères identiques, mais portant des associations différentes : il s'agit alors d'une question de pH, et de teneur en bases échangeables, parmi lesquelles nous avons dosé surtout la chaux ; cette analyse offre surtout de l'intérêt pour les sols bruns et lessivés, les podzols ne présentant qu'une faible teneur en bases échangeables en raison de la destruction presque complète du complexe absorbant.

Le dosage de la chaux échangeable a été effectué par la méthode habituelle : lessivage progressif d'un poids donné de terre par une solution d'acétate d'ammonium, évaporation à sec, destruction de la matière organique, et reprise par l'acide chlorhydrique. La précipitation est effectuée à un pH 5 et à chaud par l'oxalate d'ammonium. L'acide oxalique du précipité est ensuite libéré par traitement à l'acide sulfurique et dosé au permanganate N/10.

Expression des résultats des Analyses

Tous les résultats des analyses ont été exprimés en pour cent de terre sèche à l'air (à 20°). L'humidité indique donc la perte en eau de la terre sèche à l'air, après étuvage de plusieurs heures à l'étuve à 105°.

Le fer libre (ou le fer total) est exprimé en fer métal pour 100 gr.

Enfin, la chaux échangeable est exprimée en milliéquivalents pour 100 gr. de terre sèche à l'air.

Interprétation des Analyses

Les chiffres obtenus par les analyses, donnent en eux-mêmes, des résultats précieux; mais pour faciliter leur interprétation, il a été nécessaire de calculer certains indices, qui permettent de classer facilement les sols.

La teneur moyenne en éléments fins a été obtenue en prenant la moyenne de la teneur en limons, argile et matière organique de l'horizon A (à 10 à 20 cm. de profondeur) et de l'horizon B (à 60 à 80 cm. de profondeur). L'indice obtenu, renseigne sur la perméabilité du sol étudié; il nous a paru important de ne pas négliger les limons qui, souvent, jouent un rôle important dans la structure et la compacité plus ou moins grande du sol, ni la matière organique à cause de son hygrophilie.

Le rapport de podzolisation-Argile: C'est le rapport du taux d'argile de l'horizon B, au taux d'argile de l'horizon A (A_1 ou A_2). Au cours de nos recherches, nous nous sommes rendu compte, de plus, de l'intérêt du *rapport de podzolisation-fer* que l'on avait jusqu'à présent négligé: C'est le même rapport calculé pour le fer libre, ou pour le fer soluble dans les acides forts dans les sols à Alios (Landes). Ces deux rapports sont particulièrement précieux pour apprécier le degré de lessivage d'un sol: le rapport de podzolisation-argile nous servira à classer les sols lessivés et podzoliques du secteur ligérien. Le rapport de podzolisation-fer trouvera surtout son application dans l'étude des podzols, toujours plus lessivés en fer que les sols podzoliques, sinon plus lessivés en argile.

Dans le secteur armoricain, sur roches dures et souvent en pente, le rapport de podzolisation-fer semble donner de meilleurs résultats que le rapport de podzolisation-argile.

Pour les sols des Landes, nous avons reconnu également l'intérêt d'établir le rapport de *podzolisation de la matière organique,* qui nous servira à classer les types de podzols.

Numérotation des sols étudiés

Chaque station porte un numéro, qui est le même pour le profil, l'analyse, et le relevé de l'association correspondants; nous avons adopté une numérotation décimale basée sur le principe suivant:

Le premier chiffre se rapporte à la région étudiée :

1) secteur ligérien ;
2) secteur armoricain ;
3) Landes.

Le second chiffre se rapporte au degré d'évolution :

1) sols bruns ou sols lessivés ;
2) sols podzoliques ;
3) podzols.

Le troisième chiffre (ou nombre de deux chiffres) est un numéro d'ordre à l'intérieur des divisions précédentes.

Par exemple : profil et relevés N° 1314 = c'est le quatorzième profil du type podzol, dans le secteur ligérien.

2° DESCRIPTION ET CLASSIFICATION DES TYPES DE SOLS ÉTUDIÉS

Description

Les roches-mères seront classées, d'après leur nature, leur structure (dures ou tendres) et leur teneur en éléments fins et en éléments grossiers.

Les sols seront classés d'après leur degré de lessivage, l'horizon lessivé ou éluvial étant l'horizon A, subdivisé en un certain nombre de sous-horizons, A_0, A_1, A_2, A_3 suivant les cas ; l'horizon illuvial ou d'accumulation étant appelé horizon B, subdivisé lui-même le cas échéant, en B_1 et B_2.

Dans les sols humides à nappe d'eau proche de la surface, on trouve généralement un horizon *Gley*, caractérisé par sa couleur gris-verdâtre, et parsemé de taches rouilles à sa limite supérieure. Cet horizon de Gley est d'autant plus superficiel que le plan d'eau est lui-même moins profond : s'il est superficiel et qu'il se trouve aussitôt en-dessous de l'horizon lessivé A_2, on parlera d'un α *Gley*. S'il est plus profond et qu'il se trouve nettement en-dessous d'un horizon d'accumulation ferrique, on l'appellera β *Gley ;* nous empruntons ces termes et cette subdivision à WILDE [230].

Les divers sous-horizons éluviaux A_0, A_1, A_2, A_3 sont particulièrement importants pour la classification des principaux types de sol : c'est pourquoi il est utile de préciser leurs définitions et leurs caractères :

Horizon A_0 : c'est l'horizon superficiel de matière organique acide (humus brut ou *mor*) peu mélangée de matières minérales et caractéristique des sols très podzolisés et très acides. Il contient plus de

80 % de matière organique, c'est donc, d'après le terme de FREI [90], un horizon *holorganique*.

Lorsque cet horizon est très épais (podzols) il est possible de le subdiviser en trois parties qui sont, d'après la nomenclature d'HESSELMAN [120 à 122] : 1° *la litière*, dont la structure fibreuse ou feuilletée montre la prédominance des éléments organisés (*Rohhumus* de FREI) ; 2° *la couche de fermentation*, en voie de transformation active ; 3° *la couche humifiée*, à matière organique, colloïdale, dont toute structure organisée a disparu (*Morhumus* de FREI).

Horizon A_1 : c'est encore un horizon humifère, mais *hémorganique* (terme emprunté à FREI), c'est-à-dire contenant en mélange des matières organiques et des matières minérales. La teneur en matière organique, toujours de nature colloïdale (type *mor*), est inférieure à 80 %.

Horizon A_2 : c'est l'horizon lessivé dont la teinte et la composition renseignent de la manière la plus précise sur le degré de lessivage : cet horizon est toujours faiblement humifère. Plus ou moins coloré, dans les sols lessivés ou podzoliques, il devient *cendreux* ou *gris*, dans le Podzol typique.

L'horizon A_3 dont la présence n'est pas constante, offre une importance moindre ; c'est en réalité la partie inférieure de l'horizon lessivé, lorsque celui-ci est de texture et de couleur variables sur l'ensemble de son épaisseur ; le lessivage progressant de haut en bas, la partie supérieure peut être de couleur claire, voire déjà cendreuse (horizon A_2), alors que la partie inférieure est encore colorée (horizon A_3).

Les caractéristiques de l'horizon d'accumulation B offriront de l'importance surtout pour les podzols.

En ce qui concerne les sols lessivés et podzoliques, l'horizon B appartient dans la majorité des cas au type argileux et ferrugineux, sauf pour les *sols podzoliques humiques* de Bretagne (voir chap. III) ; en stations humides, les sels de fer de la portion de l'horizon B située en-dessous du plan d'eau, se réduisent, prennent une teinte gris-verdâtre, et l'on a le faciès *Gley*, dont il a été déjà parlé ; dans le cas des sols à β Gley, l'horizon B se divise alors en deux parties : B_1 ferrique de couleur rouille, et B_2G plus compact à faciès Gley.

En ce qui concerne les podzols, l'horizon B peut être subdivisé dans certains cas, en deux sous-horizons B_1 et B_2.

L'horizon B_1 est surtout humique, de couleur noire ou brune ; il s'agit là, d'après FREI [90], d'un *mor*, colloïdal, mais floculé en complexes enrobant les granules de plus grande dimension.

L'horizon B_2 est essentiellement ferrugineux et de couleur rouille.

Classification

La classification adoptée, est dans ses grandes lignes celle d'Oudin [173 et 174], complétée par Aubert [18], pour la Carte pédologique de France. Pour les podzols, nous avons distingué plusieurs sous-types, d'après la classification proposée par Tamm [215] pour la Suède, et que nous avons modifiée.

Nous donnerons d'abord une classification générale, puis nous étudierons les principales subdivisions du Podzol.

A. — *Classification générale*

Sols bruns — type U — à lessivage nul et à profil uniforme. Rapport de podzolisation (argile) = 1.

Sols bruns légèrement lessivés — type N_2 — l'horizon d'accumulation B est peu visible ; le rapport de podzolisation varie de 1 à 2.

Sols lessivés — type N_1 — l'horizon B est bien visible, nettement enrichi en argile et en fer, mais l'horizon A reste bien coloré. Le rapport de podzolisation est voisin de 2.

Sols podzoliques — type V — l'horizon B est très compact et coloré en rouille vif (sauf dans le cas de B du type Gley) ; l'horizon A est plus ou moins décoloré sans être cendreux ; un horizon A_0 peu important est souvent présent.

Deux catégories : Type V_2, à rapport de podzolisation de 3 à 4.

Type V_1, à rapport de podzolisation supérieur à 4.

En Bretagne, sur roches dures (quartzites, granites), on peut observer un sol podzolique de type particulier que nous avons appelé *sol podzolique humique*. Ce type de sol est caractérisé par la présence d'un horizon A_2 blanc grisâtre, d'épaisseur réduite, riche en matière organique.

Podzols — type P — l'horizon B est marqué par une accumulation de matière organique noire plus ou moins importante. L'horizon A_2 est toujours de couleur cendreuse ou grise ; les horizons de surface A_0 et A_1 sont en général épais et très colorés. Le rapport de podzolisation est le plus souvent supérieur à 4, mais sur sol très filtrant il peut être inférieur.

Sols d'humus acide (Type T_1*) et Sols tourbeux (Type* T_2*)* — l'horizon A_2 cendreux diminue d'épaisseur et parfois disparaît, les horizons humifères reposant directement sur un horizon de *Gley* ou sur la roche-mère. L'horizon A_0 prend un développement particulièrement important.

On distingue les sols d'humus acide, qui prennent naissance en mi-

lieu drainé (sols T_1), des sols tourbeux (Type T_2), à humus de *Sphagnum* qui se développent en milieu peu drainé.

Notons également que nous avons observé sur des roches-mères très filtrantes (sable) des sols à horizon d'accumulation ferrique peu visible et très diffuse jusqu'à une profondeur assez grande (1 m. 50) et à teneur en argile décroissante avec la profondeur ; nous les appellerons : *sols podzoliques à accumulation diffuse.*

B. — *Principales subdivisions du Podzol*

Inspirées par Tamm [215], ces subdivisions correspondent en Suède à un plan d'eau de plus en plus élevé, par conséquent à une migration des acides humiques de plus en plus lente et difficile.

La même constatation peut être faite en France dans le domaine atlantique (1), sauf pour le premier type (podzol ferrugineux), qui est rare et semble être essentiellement un stade d'évolution très transitoire vers le podzol ferrugineux et humique.

Podzols ferrugineux

Les horizons A_0 et A_1 ont une épaisseur inférieure à 10 cm.

L'horizon A_2 est cendreux (teneur en matière organique 0 à 1 %).

L'horizon B est ferrugineux, de couleur rouille, il contient toujours moins de 4 % de matière organique (en moyenne 2 à 4 %).

Les Podzols humo-ferrugineux

Les horizons A_0 et A_1 ont une épaisseur supérieure à 10 cm.

A_2 est cendreux (teneur en matière organique toujours inférieure à 2 %).

L'horizon B, dont la teneur en matière organique dépasse 4 % et le plus souvent 5 %, se subdivise en deux parties : B_1, de couleur brun foncé (humifère) et B_2, rouille peu humifère. Le rapport de podzolisation de la matière organique est élevé, et en général supérieur à 5.

Ces sols peuvent présenter le faciès à *alios* (roche-mère sableuse), caractérisé par un horizon B particulièrement compact, résultat de la cimentation des grains de sable, par les complexes humo-ferrugineux.

Les Podzols humiques, à forte acumulation en B

Ces sols présentent souvent un horizon de *Gley*, situé assez profondément sous l'horizon B.

L'horizon A_2 n'est plus cendreux, mais gris plus ou moins foncé,

(1) Voir la définition du domaine Atlantique dans le chapitre II.

en raison de sa richesse plus grande en matière organique ; le rapport de podzolisation de la matière organique est inférieur à 4.

Il n'y a qu'un seul horizon B de couleur brun foncé.

Ce type de sol peut présenter le faciès à *alios,* comme dans le cas précédent (cas général sur roches-mères sableuses).

Podzols humiques à faible accumulation en B

Caractérisés en général par un horizon de *Gley,* en-dessous de B, mais peu profond.

A_2 est de couleur gris foncé, et devient donc de plus en plus indistinct de A_1 ; quant à l'horizon B, il est moins riche en matière organique que les horizons A_1 et A_2, mais il est légèrement enrichi en fer, donc de couleur plus brune. Ce type de sol peut aussi présenter le faciès à alios.

On peut rattacher à ce type les *Podzols à Gley,* dans lesquels la migration de la matière organique est encore plus faible ; l'horizon A_1 est peu développé et il n'y a pas d'horizon d'accumulation humique. Sous un A_2 cendreux on trouve un Gley typique : ce type fait transition avec les sols tourbeux (T_2).

Enfin nous devons mentionner un type de podzol qui est caractérisé par une teneur décroissante en matière organique avec la profondeur ; nous l'appelons *Podzol à accumulation diffuse ;* ce type de Podzol non mentionné par Tamm ne semble avoir été décrit de manière précise par aucun auteur : il semble que ce soit un type de sol encore jeune, en voie d'évolution très lente (voir deuxième partie, chapitre III).

Nous ne nous bornerons pas à l'étude *statique* de tous ces sols ; nous envisagerons surtout le point de vue *dynamique :* les sols se modifient, évoluent avec le temps : c'est ainsi que le passage, par lessivage croissant des sols lessivés aux podzols semble être un phénomène fréquent en climat atlantique : nous en étudierons le processus. Dans quelle mesure l'évolution inverse est-elle possible ? C'est le problème que nous essayerons de résoudre dans la dernière partie.

III. — Méthodes d'études des associations

Toutes les Associations forestières étudiées, se rattachent au grand groupe de la *Chênaie* (1) ; nous avons aussi essayé de décrire les associations qui proviennent de la dégradation de la Chênaie, Chênaie dé-

(1) Alliance du *Quercion robori-sessiliflorœ, sensu* Braun-Blanquet.

gradée à différentes étapes de la dégradation, enfin Landes de divers types, plus ou moins secs ou humides.

La méthode qui a été suivie pour les relevés sur le terrain, est la méthode préconisée par BRAUN-BLANQUET [31] légèrement modifiée.

Les deux chiffres, portés sur les tableaux, ont trait, le premier à l'Abondance-dominance, le second à la Sociabilité.

Abondance-dominance

5 : Surface recouverte plus de 75 %.
4 : Surface recouverte 50 à 75 %.
3 : Surface recouverte 25 à 50 %.
2 : Surface recouverte inférieure à 25 %.
1 : Surface recouverte faible, mais plante abondante.
+ : Plante disséminée.

Sociabilité

5 : En peuplements serrés et continus.
4 : En larges taches.
3 : En grosses touffes.
2 : Petites touffes à tiges confluentes.
1 : Pieds isolés.

Les comparaisons des différents relevés ont été effectuées à l'aide de tableaux groupant chacun les différents individus d'une même association, ou des individus d'associations voisines pouvant aisément être comparées et possédant d'importants éléments en commun.

En matière de méthode, nous insistons sur le fait que, tout en restant sur le plan strictement scientifique, nous n'avons pas négligé le point de vue pratique. Nous avons donc laissé de côté les terminologies trop complexes, et les méthodes de classifications des associations en alliances et en ordres, qui sont d'interprétation délicate, sujettes à controverses, et non exemptes, selon nous, d'une certaine subjectivité. Pour la même raison, nous avons dénommé les associations à l'aide de termes français, faciles à comprendre, et qui donnent par eux-mêmes des indications sur l'Ecologie de l'association envisagée.

C'est ,en effet, essentiellement en fonction du *Milieu* et par l'*Ecologie* que nous avons cherché à définir les associations que nous avons distinguées ; il y a à cela plusieurs raisons.

D'abord, le but que nous nous proposons est précisément d'essayer de mettre en évidence les relations qui existent entre quelques associations forestières, et un facteur du milieu particulièrement impor-

tant, le facteur *sol;* au point de vue pratique, cette correspondance étroite entre l'association et le milieu donne des indications précieuses au sylviculteur pour le traitement de sa forêt, exactement comme l'étude agrologique du milieu renseigne le cultivateur. Enfin, si l'on se place au point de vue strictement scientifique, il ne faut pas perdre de vue que les Associations forestières appartiennent le plus souvent au groupe des *Associations secondaires,* opposées par ALLORGE [9], aux *associations principales;* ALLORGE les définit ainsi: « Elles n'offrent qu'un petit nombre de caractéristiques (pas d'exclusives, quelques préférentes seulement), elles présentent donc surtout des *constantes* ».

Adoptant ce point de vue, nous avons attaché une grande importance à la constance, que nous avons nuancée par l'*Abondance* et la *vitalité.*

C'est ainsi que telle plante, accessoire dans une association, peut devenir caractéristique par sa dominance et sa vitalité:

Par exemple, la Ronce, qui existe dans tous les types de Chênaies, même dégradées, devient par la luxuriance de sa végétation, caractéristique de la Chênaie neutrophile à Chêne pédonculé et Frêne. De même, *Deschampsia flexuosa,* existe à l'état dispersé dans presque toutes les Chênaies acidophiles et même les Chênaies à humus doux: lorsqu'elle forme sur le sol un tapis continu, elle caractérise une Chênaie dégradée et indique une forte acidité.

Il nous arrivera de considérer comme caractéristiques d'une association certaines espèces constantes, qui distinguent l'association envisagée d'une association très voisine; de telles espèces ont été souvent appelées par d'autres auteurs *différentielles.* Cette notion d'espèces différentielles ne mérite d'être retenue que lorsqu'on pratique la systématique des associations que nous avons laissée de côté. De plus, il est certain que ce n'est pas une espèce isolée qui est caractéristique de l'Association, mais bien le groupement de plusieurs espèces: par exemple, *Molinia cœrulea* existe aussi bien dans le *Schœnetum* que dans la lande humide: mais lorsqu'on parle d'une association à *Molinia cœrulea* et *Calluna vulgaris,* il ne vient à l'esprit de personne de la confondre avec le *Schœnetum.*

Puisque nous nous plaçons résolument sur le terrain *écologique,* pour l'étude de nos associations, il est certain que les espèces caractéristiques, ainsi définies par rapport au milieu, devront être choisies de préférence parmi les espèces *peu plastiques:* leurs exigences, strictes quant au facteur du milieu considéré, les empêcheront en effet de s'étendre à des milieux différents, favorables à d'autres associa-

tions : c'est ainsi que les espèces que nous qualifions de *neutrophiles,* peu plastiques au point de vue pH (pH 6 à 7,5), sont seules caractéristiques de la Chênaie neutrophile, à l'exclusion des plantes d'humus doux, nettement plus plastiques (pH 5 à 7) et à plus forte raison des espèces de la Chênaie acidophile (qui existent à un pH inférieur à 5) encore plus plastiques.

Cependant, certaines espèces, relativement plastiques, pourront être prises, le cas échéant, en considération pour caractériser certaines associations. Ces espèces peuvent en effet présenter des *écotypes,* à exigences bien définies, comme l'a signalé Turresson [221]. Ces écotypes peuvent alors être caractéristiques de stations très différentes ; c'est le cas de la Molinie, dont Olsen avait déjà signalé les deux optimum de pH : 4 et 6,5 [170], et que Guinochet a étudié plus récemment (1). Nous distinguerons un écotype faiblement acidophile sur sols lessivés ou faiblement podzoliques, et un écotype très acidophile, caractéristique des Landes humides sur podzols.

Il faut mentionner un autre cas d'utilisation possible d'espèce plastique en vue de caractériser une association, même si aucun écotype n'a encore pu être défini. Il s'agit d'espèce plastique, mais craignant la concurrence vitale des autres espèces ; ces espèces ont tendance à se réfugier dans les « places vides », ou tout au moins dans les zones inoccupées par les autres espèces sociales, en raison de facteurs écologiques défavorables : on pourra alors admettre que l'espèce plastique caractérisera par sa présence, dans une certaine mesure, et d'une manière négative, pourrait-on dire, ces stations défavorables à d'autres espèces. Le cas le plus typique est certainement celui de *Pteris Aquilina,* espèce extrêmement plastique, tant au point de vue de l'insolation, que du pH du sol (Chodat [50]) (pH 5 jusqu'à 7,5). Cette espèce nous a cependant servi de caractéristique pour plusieurs types d'associations, en particulier les Chênaies dégradées dans le secteur ligérien, dans lesquelles la densité du couvert est encore assez forte. Dans ces stations, en effet, la Fougère Aigle n'a à redouter, ni la concurrence des espèces neutrophiles ou d'humus doux qui l'éliminent dans les Chênaies en bon état, ni celle des plantes sociales de la lande, Molinie ou Ericacées, trop héliophiles pour vivre sous un couvert encore dense. Il est à noter à ce propos que, lorsque la dégradation est plus avancée et que la forêt a laissé la place à la lande, la Fougère Aigle disparaît complètement, éliminée par la Callune ou la Molinie, sauf parfois — fait curieux à signaler — le long d'étroites

(1) Travaux encore inédits.

ceintures se trouvant, à un niveau rigoureusement déterminé, sur les dénivellations qui encerclent les étangs de Sologne: au-dessus c'est le domaine de la Lande sèche à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris,* au-dessous c'est la Lande humide à Molinie; la Fougère Aigle se localise donc dans les bandes étroites qui ne conviennent ni à l'une, ni à l'autre association.

Une des plus graves difficultés que l'on rencontre dans l'étude des associations est, sans contredit, l'existence d'intermédiaires entre les types d'associations, aussi bien dans l'espace que dans le temps.

Dans l'espace: on observe en effet fréquemment des associations qui constituent des éléments de transition, formant parfois des séries presque continues, entre deux types extrêmes: le cas se présentera, par exemple, pour les Chênaies à humus doux et les Chênaies acidophiles; nous ne chercherons pas alors à présenter des tableaux homogènes, concernant un seul type d'association, mais des tableaux mettant en parallèle les différentes étapes de transition, entre les deux extrêmes. Dans d'autres cas, au contraire, nous nous appuierons sur la présence ou la disparition d'une espèce constante ou même dominante dans une association, et absente dans l'association voisine: l'existence de tels seuils, nous a servi à caractériser les types de landes plus ou moins humides; c'est ainsi que la Callune disparaît des landes les plus humides, la Molinie des landes les plus sèches, dans le secteur ligérien. On peut donc différencier, dans ce secteur, trois grands types de Landes: la Lande à Molinie sans Callune, la lande à Molinie et Callune, enfin la lande à Callune sans Molinie.

Dans le temps: les associations faisant transition vers d'autres types sont également fréquentes: c'est qu'en effet, les associations ne constituent pas des ensembles stables et immuables, mais le plus souvent *elles évoluent,* comme les sols qui les supportent; c'est essentiellement sur ce terrain de la *Dynamique* des associations, que nous nous sommes placé en abordant ce travail.

Si on admet cette notion d'évolution des associations, beaucoup de faits, qui de prime-abord peuvent paraître contradictoires et inexplicables, s'éclairent; toute évolution d'une association est liée en effet à un changement de milieu: cela explique qu'on puisse trouver sur une même station, des espèces caractéristiques du stade antérieur, donc en cours de régression, et en même temps des espèces en voie d'installation favorisées par les nouvelles conditions écologiques. On peut ainsi littéralement parler d'*espèces-reliques* et d'*espèces pionniers.* Il peut même arriver, si l'évolution des conditions écologiques, donc

des associations, est suffisamment rapide, que des espèces ayant des exigences écologiques très différentes, paraissant opposées et même incompatibles, puissent momentanément coexister.

Dans le cas où l'évolution du *sol,* précède celle de l'association, les zones superficielles du sol peuvent se modifier avant les zones plus profondes, et les dernières espèces qui subsistent sont les espèces ligneuses à enracinement profond, alors que les espèces herbacées, à enracinement superficiel, appartiennent déjà à la nouvelle association.

Deux exemples particulièrement démonstratifs, illustreront cette notion :

Nous insisterons sur la localisation à peu près constante des Chênaies à Charmes ou Chênaies à humus doux, sur des sols bruns faiblement lessivés : on peut donc admettre que la flore d'humus doux accompagne normalement le Charme. Or, il arrive qu'on trouve du Charme plus ou moins abondant sur des sols fortement acidifiés en surface, en cours de podzolisation, ou même des sols déjà podzoliques. La végétation herbacée est caractérisée par la présence exclusive d'espèces acidophiles, telles que *Deschampsia flexuosa,* qui, sur sol podzolique, peut former un tapis plus ou moins continu. Dans ce cas, il est vraisemblable que le Charme constitue une espèce relique, correspondant à un sol et une association de plantes herbacées différents à l'origine. En général, c'est l'homme qui a pu, grâce au traitement en taillis, maintenir les souches du Charme, sur un sol en cours de lessivage, devenant par conséquent de plus en plus défavorable à la reproduction par graines du Charme.

Un autre exemple peut être tiré de la coexistence fréquente d'espèces de la lande sèche et d'espèces de la lande humide. Si on admet que les sols évoluent, sous le climat atlantique, le plus souvent dans le sens d'une humidité croissante, les espèces les plus xérophiles apparaîtront comme des reliques de l'état antérieur plus sec. Les plus hygrophiles pourront être considérées comme des espèces pionniers : c'est le cas des landes dans lesquelles *Erica cinerea* et *Cladonia sylvatica* (espèces de la lande sèche), voisinent avec *Molinia cærulea* et *Erica tetralix* (espèces de la lande humide).

En résumé, nous conclurons en rappelant que nous avons entrepris l'étude de quelques associations forestières de la Chênaie d'une manière à la fois théorique et *pratique,* en essayant d'établir les relations étroites qui existent, entre les conditions *écologiques,* particulièrement le sol, et les diverses associations. Cela nous a conduit à

une certaine simplification des méthodes et des nomenclatures habituellement utilisées, et à un assouplissement de la notion généralement admise d'espèce caractéristique, prise ici dans son sens le plus large. Notons, enfin, que l'étude des associations a été orientée surtout vers leur *dynamique,* la reconstitution des phases de leur évolution ; nous avons ainsi été amené à opposer dans une même association des espèces en voie de disparition ou *espèces reliques* du stade antérieur, et au contraire des espèces en cours d'installation, annonçant une étape future, ou *espèces pionniers* (1).

(1) Cette notion est un peu différente de la notion d'espèce « constructive » ou « destructive » de BRAUN-BLANQUET [**31**] ; il s'agit ici d'espèces indiquant une modification du milieu (surtout du sol), mais n'ayant pas nécessairement un rôle actif dans la dynamique des associations.

CHAPITRE II

CARACTÈRES ÉCOLOGIQUES ET FLORISTIQUES DES RÉGIONS ÉTUDIÉES

Les trois régions que nous avons particulièrement étudiées dans le Domaine Atlantique, correspondent à trois importantes unités phyto-géographiques : le secteur ligérien, le secteur armoricain, et le sous-secteur des Landes du secteur aquitanien.

Ces subdivisions phyto-géographiques et floristiques ont été établies par Flahaut [86], et modifiées depuis par Braun-Blanquet [30-31], Gaussen [101] et Rol. Nous avons adopté les divisions enseignées par Rol dans son cours (1).

Il est à noter, comme le remarque Emberger [76], qu'il s'agit là non de subdivisions écologiques, mais d'unités floristiques, basées p. ex. sur des caractères d'endémisme, qui sont donc l'expression, non du milieu, mais des vicissitudes géographiques .Il est intéressant de rechercher dans quelle mesure ces unités correspondent aussi à des divisions écologiques homogènes : c'est ce que nous nous proposons de faire au point de vue climatique, en utilisant la méthode appliquée par Emberger à l'étude de la région méditerranéenne [75 à 80]. Au point de vue géologie, nous constaterons aussi que chacun des trois secteurs (ou sous-secteurs) envisagés présentent une très nette individualité, ce qui favorisera les comparaisons.

I. — Choix d'une méthode permettant de caractériser le climat

L'indice d'aridité, proposé par E. de Martonne [154] est certainement une formule commode, et d'application facile, mais elle est trop

(1) Cours de Botanique, professé à l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts à Nancy.

simple et surtout applicable à l'échelle mondiale. Elle n'indique rien sur la répartition saisonnière de l'aridité, ni sur l'important facteur « *continentalité* » d'un climat.

L'utilisation des *indices d'aridité mensuels* par PERRIN [182-183], *saisonniers* par GEORGES [103], marque un réel progrès ; GEORGES a obtenu pour la comparaison climatique du bocage normand et de la Touraine, des résultats très probants en calculant l'indice d'aridité des 6 mois de la période de végétation. Cependant, étendu à l'ensemble du Domaine Atlantique, cet indice ne semble pas, à lui seul, traduire les importantes différences climatiques qui peuvent exister entre certaines régions : c'est ainsi que cet indice est sensiblement le même pour Brest, pour Orléans (24), et pour Alençon (25), alors que le climat de ces trois villes est peu comparable, ne serait-ce que par la différence de continentalité.

Il peut alors venir à l'esprit de caractériser un climat, non plus par une seule formule, mais par deux, susceptibles de donner des indications complémentaires : par exemple, on pourra exprimer l'aridité, à l'aide de l'indice d'aridité des 6 mois de la période de végétation, et la continentalité à l'aide des *amplitudes* thermiques d'ANGOT [14-15], c'est-à-dire, la différence de température moyenne du mois le plus chaud et du mois le plus froid : le climat des trois villes citées précédemment se différenciera alors nettement. L'amplitude pour Brest sera de 10,5, pour Orléans 15,2 et pour Alençon 13,7.

Mais il nous paraît beaucoup plus satisfaisant d'exprimer les deux caractéristiques d'aridité et continentalité, en une formule unique, et cela d'autant plus que le facteur continentalité a une influence incontestable sur l'aridité : il n'est donc pas possible de séparer complètement ces deux facteurs. C'est le mérite de la formule d'EMBERGER, le *Quotient pluviothermique,* de réaliser cette synthèse [75 à 80]. Ce quotient est le suivant :

$$Q = \frac{100\ P}{2\left[\frac{M + m}{2}(M - m)\right]}$$

où P est la pluviosité totale en mm.;

M : la moyenne des maxima du mois le plus chaud

m : la moyenne des minima du mois le plus froid.

On peut décomposer ce quotient et on constate que le facteur

$$\frac{P}{\frac{M + m}{2}}$$

exprime l'aridité d'une manière qui rappelle l'indice de E. DE MARTONNE.

Quant au facteur (M — m) en dénominateur, il traduit la continentalité qui intervient en accentuant l'aridité (1).

Comme l'ont remarqué EMBERGER lui-même et P. CURÉ [57], ce quotient offre un grand intérêt, à condition qu'on se limite à l'étude des variations à l'intérieur d'une unité climatique naturelle et son aire phyto-géographique correspondante, donc d'une région relativement homogène au point de vue climat; c'est précisément le but que nous nous proposons dans ce travail: il s'agit surtout de comparer entre eux les différents secteurs du domaine atlantique.

Intérêt du quotient pluviothermique pour l'étude des sols

Deux facteurs climatiques, la pluviosité et l'évaporation, jouent un rôle essentiel dans l'évolution des sols: lorsque la pluviosité l'emporte, les mouvements de l'eau dans le sol sont dirigés de haut en bas et le lessivage se produit; si l'évaporation au contraire vient à prédominer, les courants de l'eau du sol d'origine capillaire ou osmotique, deviennent ascendants. Il s'agit donc, si l'on veut tenter de traduire l'influence du climat sur le lessivage, d'exprimer le rapport: Pluviosité/Evaporation.

Or ce facteur évaporation est difficile à exprimer de manière simple: il dépend d'autres facteurs, tels que la température, l'état hygrométrique de l'air, ce dernier difficile à mesurer, et généralement non donné dans les stations météorologiques. Une formule intéressante a été proposée par HENIN [116], qui exprime l'évaporation en fonction de la pluviosité, et de la température par la formule suivante:

$$E = \frac{P}{1 + \gamma P^2}$$

(1) La répartition des pluies dans l'année exerce également une grande influence sur l'intensité de la podzolisation: ce facteur ne peut malheureusement être exprimé en une brève formule climatique. En climat atlantique, le maximum de pluviosité a lieu en automne, alors qu'en climat continental ce maximum

alors que le drainage est exprimé par le rapport :

$$D = \frac{P^3}{1 + \gamma P^2}$$

γ étant un coefficient dépendant de la température :

$$\gamma = \frac{1}{0{,}15\ T - 0{,}13}$$

Mais cette formule ne tient compte ni de l'état hygrométrique, ni du facteur continentalité. Elle s'applique plutôt à l'échelle mondiale, qu'à l'étude de climats régionaux.

Pour EMBERGER, l'évaporation est proportionnelle, sous nos climats, à deux facteurs : le facteur température moyenne

$$\frac{M + m}{2}$$

et le facteur (M — m), qui, nous l'avons dit, traduit la continentalité d'un climat ; de prime abord, il est évident que l'évaporation moyenne est d'autant plus intense que le climat est moins océanique, plus continental ; en outre, le fait est confirmé scientifiquement par les lois de la physique.

Cette formule présente donc un intérêt particulier en ce qui concerne l'évolution des sols ; mais il est nécessaire de faire une restriction au sujet de son application pratique : elle ne donne de renseignements d'une valeur incontestable que lorsque « m » est positif.

En effet, quand « m » est négatif, on obtient le même quotient que pour « m » positif, la valeur absolue étant la même. Dans ce cas, la valeur des quotients obtenus est trop élevée, c'est le cas pour les régions de haute montagne, pour l'Est de la France, et à plus forte raison pour les pays nordiques.

Au contraire, pour les pays méditerranéens (pour lesquels le quotient a d'ailleurs été créé), ainsi que pour le domaine atlantique français, cet inconvénient disparaît, « m » étant le plus souvent positif, rarement négatif et dans ce cas voisin de 0.

Comme c'est au domaine atlantique qu'a précisément trait notre travail, nous avons dressé une carte, à l'aide des renseignements four-

se place en été : or, il est évident que les pluies d'automne exercent sur les phénomènes de lessivage une influence plus efficace que les pluies d'été, car la saison est plus froide et l'activité compensatrice de la végétation est plus faible.

nis par l'O. N. M. (Sanson [202]) des courbes d'égal quotient pluviothermique des régions occidentales de la France, pour lesquelles ce quotient donne des indications précises et incontestables, permettant d'établir des comparaisons valables entre les différents secteurs de ce domaine.

Par contre, pour comparer entre elles des régions à climat très différent, autrement dit pour les comparaisons à l'échelle mondiale (entre la France et la Suède, par exemple), nous serons amené à changer l'origine des températures, de façon à n'obtenir que des valeurs positives pour « m » ; et nous calculerons les quotients en ajoutant 20 aux chiffres des températures, ce qui reviendra à prendre — 20° pour origine des températures (quotient rectifié).

Application du Quotient pluviothermique à l'étude des associations

En ce qui concerne son incidence sur la végétation, le climat n'est pas complètement caractérisé par le Quotient pluviothermique. Outre le facteur aridité, le facteur *température minima* joue un rôle considérable par la limitation qu'il impose à la vie de certaines espèces : c'est la raison pour laquelle la flore du domaine atlantique est nettement plus riche en espèces que celle du domaine médio-européen.

Emberger [75 à 80], pour caractériser les divisions écologiques de l'Afrique du Nord (aires, étages, sous-étages), a donc utilisé les deux facteurs, quotient pluviothermique et moyenne des minima du mois le plus froid (m) ; le quotient pluviothermique a servi de base à la définition de *l'étage* (aride, semi-aride, subhumide, humide), et « m » a été utilisé pour caractériser *le sous-étage* (froid ou chaud).

Si nous cherchons à définir écologiquement le domaine atlantique par rapport au domaine médio-européen, c'est surtout à ce facteur « m » que nous devrons faire appel. On constate que dans le domaine atlantique « *m* »*est positif* (sauf en montagne, dans le Massif Central et les Pyrénées), alors que dans le domaine médio-européen, « *m* »*est toujours négatif*. Bien entendu, « m » redevient positif dans la vallée du Rhône, un peu au nord de Valence, et, *a fortiori,* dans la région méditerranéenne.

Signalons comme seule exception à cette règle générale, la région de Flers, Argentan, où « m » est égal à — 0,1° : ce pôle de froid assez exceptionnel dans le domaine atlantique, se traduit par une végétation spéciale, à caractère montagnard accentué, et en particulier par la présence du Sapin de Normandie.

II. — Caractéristiques climatiques des régions étudiées

Les trois grandes régions étudiées sont surtout: le Secteur Ligérien, le Secteur Armoricain et le sous-secteur des Landes.

1° Climat du Secteur Ligérien

On constate, d'après la carte, que le secteur ligérien est à peu près exactement encadré par la ligne du quotient pluviothermique de 100. On peut donc dire que dans l'ensemble, ce secteur est caractérisé par un quotient égal ou inférieur à 100.

Il faut mentionner quelques exceptions, en particulier le Val de Loire d'Orléans à Blois, où le quotient dépasse légèrement 100, ainsi que, à la périphérie du secteur, l'Orne et le Nivernais, caractérisés par un quotient atteignant et même dépassant 120.

Nous verrons que dans ces zones à quotient pluviothermique plus élevé apparaît fréquemment sur sol décalcifié une association particulière: la Chênaie-Hêtraie qui n'existe dans la partie centrale du secteur ligérien, plus sèche, que sur les sols calcaires.

Quant à « m », sa valeur est comprise entre 0 et 1, pour l'ensemble du secteur ligérien, sauf la Touraine, à climat nettement plus chaud.

2° Climat du Secteur Armoricain

Dans ce secteur, le quotient pluviothermique est supérieur à 130, sauf une zone qui traverse la Bretagne en écharpe, notamment aux environs de Rennes, dans laquelle le quotient s'abaisse jusqu'à 115-120: Rol signale que dans cette zone, le Hêtre, abondant dans le reste du secteur, devient plus disséminé (1). Il semble qu'au point de vue écologique, cette zone soit nettement à rattacher au secteur ligérien.

Dans la plus grande partie du Finistère (Basse-Bretagne), à l'exception de la côte sud, ainsi que dans la presqu'île du Cotentin, le quotient devient très élevé et il dépasse 160: c'est surtout cette zone très humide que nous étudierons.

La moyenne des minima de température, si l'on excepte le pôle de froid de la région de Flers-Argentan (collines de Normandie), déjà signalé, est supérieure à 1°; elle devient supérieure à 2° dans les régions à fort quotient pluviothermique, à l'Ouest de Rennes et dans le Cotentin.

(1) Etude encore inédite sur l'écologie et la répartition du Hêtre en France.

3° Climat du sous-secteur des Landes

Comme pour le secteur armoricain, le climat du sous-secteur des Landes est caractérisé dans son ensemble, par un quotient pluviothermique supérieur à 130. La région du Nord-Est (Bordelais - Graves) est un peu moins humide, et son quotient est de l'ordre de 115-120. Inversement, la partie méridionale présente un quotient beaucoup plus élevé qui atteint 160 à partir de Mimizan.

Comme pour le secteur précédent, la valeur de « m » est en général supérieure à 1 ; cette valeur décroît du sud vers le nord et de la côte vers l'intérieur.

III. — Caractères des affleurements géologiques des régions étudiées

Comme nous l'avons signalé, les trois secteurs étudiés diffèrent les uns des autres non seulement par leur climat, mais aussi par leur géologie, ce qui, dans une certaine mesure, permettra de dégager l'influence de la roche-mère dans la formation des sols. Le secteur ligérien, qui offre le plus de variétés, est caractérisé surtout par des affleurements secondaires, tertiaires, et quaternaires, donc des roches sédimentaires *meubles* (argiles et sables), si l'on excepte les calcaires que nous n'avons pas étudiés.

Le secteur armoricain, au contraire, a sa limite orientale qui coïncide avec celle des affleurements de terrains anciens : terrains cristallins, antécambriens, et primaires : il s'agit de roches toujours décalcifiées, et particulièrement dures : les phénomènes de pédogénèse y sont différents de ceux qu'on observe sur roches tendres.

Enfin, la partie nord du sous-secteur des Landes que nous étudierons surtout, est constituée par les sables pliocène et quartenaire des Landes de Gascogne, qui, en raison de leur grande porosité et la topographie absolument plate, sont extrêmement favorables au phénomène de lessivage.

Principaux types de roches-mères étudiés dans chaque secteur

Dans le secteur ligérien, nous avons étudié les processus de la podzolisation, surtout sur les affleurements éluviaux et colluviaux tertiaires et quaternaires : Argiles à silex, Argiles à chailles, sables et argiles de Sologne et de l'Orléanais, argiles pliocène, etc... ; ces roches sont classées d'après leur teneur en sable et en éléments fins ; suivant leur

texture, elles donneront lieu à des processus d'évolution des sols très différents.

Dans le secteur armoricain, sans négliger l'étude des roches cristallines, nous avons surtout porté notre attention sur les affleurements de roches primaires, et nous nous sommes efforcé de dégager l'influence de la topographie sur la podzolisation, le relief étant relativement accentué dans ces régions ; nous avons essayé de comparer l'influence des deux types de roches qu'on y rencontre le plus souvent, les quartzites (quartzites du dévonien, grès armoricains et grès de May du silurien), et les schistes (schistes siluriens, dévoniens, houillers).

Dans le sous-secteur des Landes, seule la région des Landes proprement dites avec ses sols sableux, très homogènes au point de vue géologique et minéralogique, ont fait l'objet d'études suivies : nous n'avons fait que quelques sondages dans les sols de schistes cénomaniens du pays Basque et du Béarn.

IV. — Les éléments floristiques des régions étudiées (1)

C'est bien entendu la dominance des éléments *atlantiques* qui va caractériser les régions que nous étudions : c'est la raison pour laquelle nous insisterons sur ces éléments, en nous appuyant sur les travaux d'Allorge [**10** et **12**] et Braun-Blanquet [**30**].

Nous laisserons de côté en particulier la nomenclature des éléments d'origine médio-européenne. Nous nous bornerons à donner quelques exemples des trois groupes d'éléments floristiques suivants :

1° le groupe des espèces *euatlantiques,* caractéristiques du domaine atlantique (nous laisserons de côté les *subatlantiques* qui dépassent les limites du domaine atlantique vers l'Est et pénètrent dans le domaine médio-européen) ;

2° le groupe des espèces *méditerranéo-atlantiques,* qui se rencontrent surtout dans le sous-secteur landais, mais dont quelques-unes pénètrent dans le secteur ligérien, au moins au sud de la Loire ;

3° le groupe des espèces *boréales-montagnardes,* qui sont assez fréquentes dans le secteur armoricain ; certaines existent aussi, très disséminées, dans le secteur ligérien.

(1) Nous n'attachons pas au terme « élément floristique » une valeur absolue, mais nous ne l'envisageons qu'à l'échelle de la France.

1° Les espèces euatlantiques

Nous les diviserons encore en deux catégories : la première comprendra les espèces rencontrées dans le secteur armoricain et dans le sous-secteur des Landes ; la deuxième groupera les espèces communes aux trois secteurs étudiés.

a) *Espèces euatlantiques des secteurs armoricain et des Landes*

Avena sulcata, Avena Thorei, Agrostis setacea, Carex binervis, Scilla verna, Pirus cordata, Potentilla splendens, Ulex Gallii, Erica ciliaris, Sedum anglicum, Wahlenbergia hederacea, Narthecium ossifragum.

b) *Espèces euatlantiques, existant aussi dans le secteur ligérien*

Salix atrocinerea, Quercus Toza, Juncus squarrosus, Deschampsia discolor, Arenaria montana, Genista anglica, Ulex Europæus et *U. nanus, Helianthemum Alyssoïdes, Carum verticillatum, Peucedanum gallicum, Erica vagans* (en Sologne où elle est rare), *E. cinerea, E. tetralix, Lobelia urens, Cirsium anglicum, Pinguicula lusitanica.*

2° Les espèces méditerranéo-atlantiques

La plupart ne se rencontrent que dans le sous-secteur des Landes : citons par exemple : *Cistus salviæfolius, Arbutus Unedo,* espèces auxquelles on peut ajouter deux espèces franchement méditerranéennes, mais fréquentes dans les Landes, *Quercus Ilex,* au Nord d'Arcachon, et *Quercus Suber,* au Sud d'Arcachon

Erica scoparia, atteint la vallée de la Loire et même la franchit dans la partie occidentale de son aire : elle ne dépasse pas vers l'Est la ligne Vierzon-Salbris ; *Anthericum planifolium* offre une aire analogue.

D'autres espèces, telles que *Ruscus aculeatus, Tamus communis, Helianthemum guttatum,* existent dans presque tout le secteur ligérien.

Quant à *Rubia peregrina,* et *Buxus sempervirens,* on les rencontre dans la moitié méridionale du secteur armoricain.

3° Les espèces boréales-montagnardes

Complètement absentes du sous-secteur des Landes, elles sont caractéristiques du secteur armoricain ; on en trouve également quelques-unes, en général très localisées, dans le secteur ligérien.

Comme espèces boréales montagnardes, du secteur armoricain, mentionnons, parmi les plus fréquentes: *Sorbus aucuparia, Vaccinium Myrtillus, Luzula maxima, Viola palustris, Rhinchospora alba, Eriophorum polystachion, Rhytidiadelphus loreus, Plagiothecium undulatum.*

Vaccinium Myrtillus, encore abondant dans la partie nord-ouest du secteur ligérien (Forêt de Bellême dans l'Orne), ne constitue plus dans le centre du secteur que quelques petites taches très disséminées, qu'on peut considérer comme des reliques glaciaires.

On trouve *Luzula maxima* dans le Nivernais, *Poa sylvatica* en forêt de Montargis. Signalons, enfin, la présence de *Nardus stricta* et *Arnica montana* en Sologne et en forêt d'Orléans.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

LES SOLS ET LES ASSOCIATIONS DU SECTEUR LIGÉRIEN

I. — Considérations d'ensemble

Nous nous proposons ici d'essayer de classer les sols et les associations du secteur ligérien sur roche-mère non calcaire, en tenant compte du fait primordial que ces associations, ces sols, se modifient, se transforment sans cesse, en un mot, *évoluent:* cette évolution est parfois brutale, le plus souvent cependant lente et progressive; il en résulte une difficulté de classification. Pour y remédier, dans la mesure du possible, nous nous efforcerons de rattacher chaque type décrit au précédent et au suivant, à la fois dans l'espace et dans le temps.

Nous classerons les grands types de sols, d'une part d'après la nature de la roche-mère, d'autre part d'après leur degré d'évolution pédologique. Nous essayerons également de rattacher les principales associations à ces types de sols.

1° LES ROCHES-MÈRES

Sauf une ou deux exceptions, ce sont des roches tertiaires ou quaternaires, donc elles sont du type « roches meubles ».

Nous laisserons de côté les roches calcaires qui donnent naissance à des types de sol spéciaux. Les autres seront alors classées d'abord d'après la proportion de terre fine (éléments plus petits que 2 mm.) et de cailloux (éléments de plus de 2 mm.). Cette proportion étant difficile à évaluer exactement, sera donnée approximativement, d'après les observations sur le terrain.

Ensuite, c'est le pourcentage des éléments fins ou colloïdaux, plus ou moins hygrophiles (argile, limon, matière organique), par rapport au total de la terre fine qui nous donnera la base essentielle des subdivisions en groupes.

L'idéal aurait été de calculer ces chiffres d'après les analyses de l'horizon C : mais cet horizon est souvent difficile à atteindre, il est parfois peu net, il faudrait pouvoir effectuer de nombreuses analyses, échelonnées à des profondeurs variables, pour être sûr du taux constant, caractéristique de cet horizon ; aussi avons-nous adopté la moyenne de la teneur en éléments fins des horizons A et B, en nous efforçant, dans la mesure du possible, de faire des prélèvements à des profondeurs analogues (au-dessus de 20 cm pour A — de 60 à 80 cm. pour B) ; cela nous a permis de faire des comparaisons, sinon très précises, du moins, nous donnant un ordre de grandeur suffisant.

D'après la nature du sol et la végétation, nous avons alors admis l'échelle suivante : les sols argileux sont caractérisés par un chiffre moyen de teneur en éléments fins supérieur ou égal à 40, les sols sablo-argileux, donnent un chiffre compris entre 15 et 35, enfin les sols sableux ont un taux moyen d'éléments fins inférieur à 15 %.

La capacité de rétention en eau est, à peu près, proportionnelle au taux d'éléments fins, comme l'ont constaté de nombreux auteurs (Demolon [**60**], Etter [**82**], Burger [**37** et **38**]). Par conséquent, la perméabilité augmentera progressivement au fur et à mesure qu'on passera des sols les plus argileux, aux sols les plus compacts ; mais à ce sujet, il est essentiel de tenir un grand compte de la teneur en cailloux : les sols argileux sont d'autant plus filtrants qu'ils possèdent plus de cailloux, et lorsque ceux-ci deviennent très abondants par rapport à la terre fine, ce type de sol peut être plus perméable qu'un sol argilo-sableux, surtout si la station est en pente plus ou moins forte.

En tenant compte également de cette restriction liée à la teneur en cailloux, le niveau à partir duquel les vides du sol sont entièrement occupés par l'eau (sol saturé d'eau, plan d'eau) est d'autant plus proche de la surface que le sol est plus riche en éléments fins ; notons que de fréquentes exceptions à cette règle sont imposées par la topographie, ou par diverses causes locales : au voisinage de sources ou de cours d'eau, au fond de dépressions, le plan d'eau apparaîtra anormalement élevé, eu égard à la teneur en éléments fins des différents horizons, et une association de type hygrophile se développe dans ces stations.

Un autre caractère des roches-mères, secondaire par rapport au premier, est son pH, et sa richesse en bases échangeables. Ces deux caractères sont liés par une certaine relation, d'ailleurs peu rigoureuse, comme l'a montré Robinson [**190**].

La teneur en chaux échangeable nous servira de base pour diviser les sols bruns argileux en deux catégories, caractérisées par des associations différentes.

Les principaux *types géologiques* de roches-mères étudiées, sont surtout des formations récentes (tertiaire et quaternaire), d'origine éluviale et colluviale (argile à silex) ou alluviale (sable de Sologne, dépôts piocènes divers). Comme formation marine, signalons les sables de Fontainebleau ; une place à part doit être faite à une roche ancienne compacte (rattachée au Permien), constituée par des quartzites avec lits de schistes bariolés, sur l'affleurement desquels trois stations ont été étudiées (125, 126, 127), en forêt de Messarges (Allier). Cette roche semble se comporter, au point de vue des sols et de la végétation, comme une roche argilo-caillouteuse.

Les argiles plastiques du Sparnacien (forêt de Thou-en-Puisaye, Montargis, bordure sud), sont caractérisées par des faciès compacts de même que les argiles pliocènes des forêts des Bertranges (Nièvre) et Moladier (Allier). Les sables de Fontainebleau donnent évidemment des sols très filtrants ; par contre, les autres affleurements géologiques étudiés se manifestent comme très variables.

Les argiles à silex (forêt de Bellème, de Blois, de Bercé, de Chinon), de même que les argiles à chailles (forêt de Montargis), sont, soit des argiles assez compactes, peu caillouteuses (Blois, Bercé centre et est, Bellème), soit des argiles plus ou moins riches en cailloux (forêt de Montargis, forêts de Blois et de Bercé localement), soit enfin des sables relativement peu argileux, ayant tendance à se lessiver (série ouest de la forêt de Montargis, forêt de Chinon, partie ouest de la forêt de Bercé). Cette extrême variabilité du faciès géologique des argiles à silex a été mise en évidence par Joret et Malterre [**135** et **136**].

De même les sables et argiles de Sologne (Sologne et forêt de Boulogne) et les sables et argiles de l'Orléanais (forêt d'Orléans), donnent des types de sols assez variables, soit sablo-argileux, soit très sableux ; les sols argileux compacts y sont rares.

Enfin, mentionnons, pour être complet, quelques stations observées sur alluvions, en général assez riches en calcium échangeable.

2° LES TYPES PÉDOLOGIQUES

Nous distinguerons trois catégories fondamentales : les sols bruns et bruns lessivés (rapport de podzolisation moyen de 2), les sols podzoliques (rapport de podzolisation 3 à 8), et les podzols à rapport de podzolisation égal ou supérieur à 4 et qui présentent en outre un certain nombre de caractères dont nous avons déjà parlé (première partie, page 19).

D'après les classifications proposées pour Oudin [173, 174], et par Aubert [18], ces catégories seront divisées elles-mêmes en plusieurs types dont nous avons donné plus haut les caractéristiques essentielles. Ce sont les types U, N_2, N_1, V_2, V_1, P et T, de ces auteurs (voir p. 19).

Le lessivage progressif des sols et leur passage d'une catégorie dans l'autre est lié à deux facteurs essentiels : la perméabilité plus ou moins grande de la roche-mère, ainsi que la profondeur du plan d'eau, d'une part, la nature de la végétation occupant la surface de ce sol, d'autre part.

a) L'influence de la perméabilité

Le lessivage sera d'autant plus accentué que la proportion d'éléments fins sera plus faible ; c'est ainsi que sur les roches-mères argileuses on ne trouve pas de podzols véritables, mais, très rarement d'ailleurs, des sols tourbeux du type T_2. Sur les roches argilo-cailloutteuses, les podzols ne se rencontrent que sur celles qui sont extrêmement riches en cailloux (plus de 80 %) et en pente. Inversement, les roches-mères sableuses ou sablo-argileuses ne donnent naissance qu'à des sols podzoliques ou à des podzols : les rares sols de type lessivé qu'elles peuvent porter, sont en réalité en voie d'évolution rapide, vers des types plus podzoliques.

Sur roches-mères sableuses, très pauvres en éléments fins à plan d'eau très profond, les sols sont en général du type V_1 ou P, mais on observe aussi des sols à accumulation diffuse, dont nous avons déjà parlé (page 20).

Le tableau suivant montre la relation précise qui existe entre le degré de podzolisation et la perméabilité.

Roches-mères	Teneur éléments fins	Sols bruns et lessivés			Sols podzoliques		Podzols
Rapp[t] de podzolisation		1	1 à 2	2	3 à 4	> 4	> 4
argileuses	> 40	U	N_2	N_1	V_2		(Rares : T)
argilo-cailloutteuses	environ 40			N_1	V_2	V_1	P (1)
sablo-argileuses .	15 à 40				V_2	V_1	P
sableuses	< 15					V_1	P

(1) P seulement sur roches-mères contenant plus de 80 % de cailloux, et en pente.

b) L'influence de la végétation

Elle sera étudiée plus en détail ultérieurement ; dès maintenant, il est possible d'opposer l'action de la forêt à celle de la lande : la forêt favorise le lessivage, par le drainage qu'exercent ses racines et par l'ombre portée par le couvert qui diminue l'évaporation ; l'entraînement mécanique des colloïdes est alors important et un horizon illuvial profond a tendance à se constituer ; mais l'humus, en général du type humus doux, n'exerce aucune action chimique sur les horizons inférieurs.

Au contraire, sous la lande, les phénomènes sont bien différents ; la succion des racines est moins forte et plus superficielle ; en conséquence, le plan d'eau se surélève et l'horizon d'accumulation est beaucoup plus superficiel (Oudin [174]). Mais l'humus acide qui prend naissance exerce une action chimique importante sur les horizons inférieurs. C'est là, la clef des différences essentielles qu'on observe entre les sols des landes (podzols) et les sols des forêts (lessivés et podzoliques).

3° LES ASSOCIATIONS FORESTIÈRES

Les trois facteurs écologiques fondamentaux qui régissent la répartition des associations forestières sont : le Climat, le Sol, les Actions biotiques et humaines.

a) Le Climat

Le Climat du secteur ligérien est, nous l'avons dit (voire première partie, page 33), assez homogène ; le quotient pluviothermique y est en moyenne de 100 et il varie peu, il atteint au maximum 125, en certains points de bordure du secteur. Aussi, les variations climatiques sont-elles trop faibles pour avoir une influence nette sur les sols, donc sur la podzolisation ; il n'en est pas de même pour les associations forestières, et on peut constater que la proportion de Hêtre dans la Chênaie est d'autant plus forte que le quotient pluviothermique est plus élevé : lorsqu'il dépasse 100 et atteint 110 à 125, comme cela se produit à la périphérie du secteur ligérien, on peut observer l'existence fréquente d'une Chênaie-Hêtraie, comprenant à peu près 50 % de chêne et 50 % de hêtre (Querceto-Fagetum de Lemée [144]. Cette Chênaie-Hêtraie ne se rencontre dans la partie centrale du secteur ligérien plus sèche (Q voisin de 100) que sur sols calcaires, qui ne sont pas étudiés dans ce travail (Forêt de Russy - Loir-et-Cher) ; par contre elle est fréquente sur des sols lessivés, argilo-caillouteux, donc suf-

fisamment filtrants, dans la forêt de Montargis (Q = 110), dans la forêt des Bertranges (Q voisin de 125), dans la forêt de Bellème (Q voisin de 120), et dans la partie nord de la forêt de Bercé, pour ne citer que les forêts que nous avons étudiées ; il est probable que cette Chênaie-hêtraie à humus doux, constitue sur les sols filtrants, dans ces stations plus humides, un climax local d'ailleurs fréquemment modifié par l'action humaine (voir ci-dessous, page 60).

b) Le Sol

Les associations forestières du secteur ligérien peuvent être divisées en trois groupes qui sont en relation étroite avec les trois grandes catégories de sols : les forêts non dégradées, à Chêne dominant, qu'on rencontre sur les sols bruns ou lessivés ; les forêts dégradées, plus clairsemées, en voie d'évolution vers la lande, qui sont liées aux sols podzoliques ; enfin, les landes qui s'observent surtout sur les podzols.

Les forêts denses, offrent une stabilité plus ou moins grande. Certaines semblent en état d'équilibre, elles résistent aux causes perturbatrices, notamment aux actions biotiques et humaines plus ou moins violentes et se reconstituent facilement : ce sont celles qui occupent des stations à sol brun ou lessivé, argileux mais suffisamment filtrant (par exemple, argilo-caillouteux à faible proportion de cailloux) ; ce type de sol contient une quantité d'éléments fins suffisante pour résister au lessivage et assez d'éléments grossiers pour être bien drainé naturellement ; la régénération naturelle de la forêt y est toujours excellente.

D'autres forêts au contraire, sont en équilibre instable et manifestent une tendance marquée à la dégradation, celle-ci étant d'ailleurs fréquemment favorisée par des causes de destruction diverses (coupes trop brutales, incendies, etc...) ; ces forêts instables qui se régénèrent difficilement et incomplètement, s'observent sur deux types de sols bien différents : ce sont d'une part, les sols argileux compacts, où la remontée du plan d'eau, consécutive aux coupes, notamment quand elles sont trop brutales ou trop claires, vient asphyxier les racines des porte-graines et provoquer l'invasion du sol par la Molinie ; ce sont, d'autre part, les sols trop perméables, pauvres en éléments fins qui ont une tendance accentuée à se lessiver ; par départ des éléments fins des horizons supérieurs, ils s'appauvrissent en bases échangeables et s'acidifient : les régénérations deviennent progressivement plus difficiles et plus mauvaises, alors que les espèces sociales

acidophiles se multiplient ; on observe ainsi une évolution lente vers la lande.

c) Actions biotiques et humaines

Nous constaterons que l'homme, par son action raisonnée et constructive, peut modifier profondément l'aspect de la forêt et littéralement faire apparaître des types d'associations qu'on peut qualifier d'artificielles. Mais l'action de destruction brutale qu'il peut faire subir à la forêt (incendies, coupes violentes, pâturages), peut avoir une action modificatrice plus importante encore et plus grave : il favorise l'installation des espèces de la lande et par conséquent il déclenche l'évolution régressive de la forêt, quand celle-ci manifeste une tendance à se dégrader, ou bien il accélère cette évolution quand elle est en cours ; nous insisterons sur cette action humaine dans les pages qui vont suivre.

II. — Les sols bruns et les sols lessivés

1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS

Les sols bruns sans trace de lessivage, sur roche-mère non calcaire sont rares en climat atlantique : on ne les rencontre que sur des roches-mères très argileuses, et particulièrement riches en chaux échangeable (Sol U, suivant la nomenclature de Oudin [**173**]). Le plus souvent, il s'agit de sols lessivés, dont le profil est caractérisé par un horizon éluvial, encore riche en fer, donc de couleur brune ou brun jaunâtre, et par un horizon inférieur nettement illuvial, enrichi en argile et en fer, par conséquent plus compact et de couleur plus foncée, en général rouille. (Type N_2, plus généralement N_1, d'après la nomenclature de Oudin [**173-174**].

L'humus est, d'une façon générale, du type humus doux ou *Mull.*, donc faiblement acide (pH supérieur à 5, de structure colloïdale, ce qui explique son mélange intime avec la matière minérale ; il se minéralise rapidement. A la limite, lorsque le pH s'abaisse un peu en-dessous de 5, on voit apparaître un mince horizon A_0 d'humus brut. Il est rare qu'on observe un horizon A_0 très développé sur un sol seulement lessivé. Nous en avons rencontré quelques cas, sur roches-mères riches en sable, en particulier dans la forêt de Bourse (Orne), dont nous reparlerons plus loin (page 80). Il s'agit là de sols en voie d'évolution et de lessivage rapide : les horizons supérieurs sont déjà

PLANCHE I

SECTEUR LIGÉRIEN

Sols lessivés et sols podzoliques

FIG. 1

Sol brun lessivé (forêt de Montargis - station 1110).
Racines réparties dans tout l'horizon A_2.
Cliché Duchaufour.

FIG. 2

Sol podzolique à Gley (forêt de Montargis - station 1225).
Le niveau de Gley se trouve sous le plan d'eau.
Cliché Duchaufour.

FIG. 3

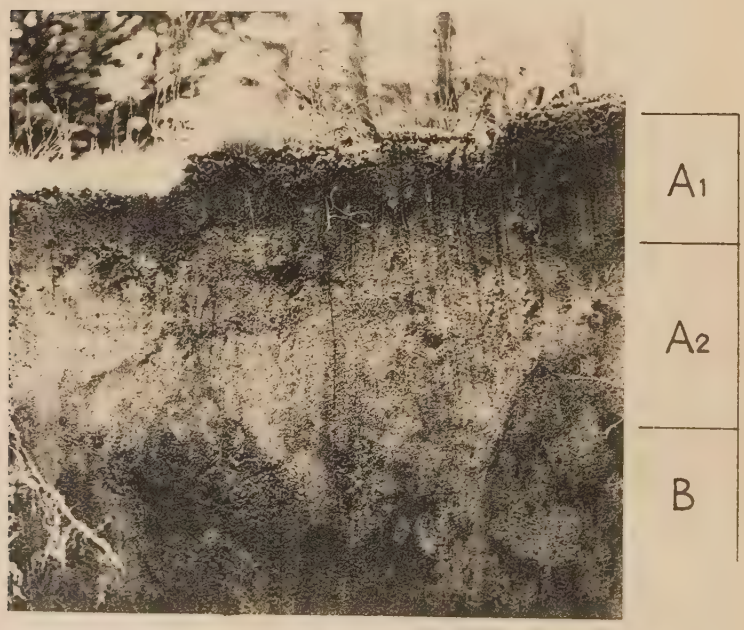
Chênaie dégradée à *Calluna vulgaris* (Sologne - route de Vouzon à Chaon).
Cliché Linguet.

1

2

3

4



5

PLANCHE II

SECTEUR LIGÉRIEN

Sols podzoliques

FIG. 4

Sol sableux couvert de *Cladonia sylvatica* (Sologne - station 1232).
Cliché Linguet.

FIG. 5

Sol podzolique à *Corynephoretum* (Sologne - près de l'étang de Marsilly).
Cliché Meyer.

du type podzolique, alors que les horizons inférieurs sont encore peu modifiés. La végétation, riche en Charme et en morts-bois, rappelle l'état antérieur du sol.

A part ces exceptions, faciles à interpréter si l'on fait intervenir le facteur d'évolution du sol, les profils bruns ou lessivés se rencontrent le plus souvent sur roches-mères riches en argile et en limon. (Teneur moyenne en éléments fins des horizons A et B, supérieure ou égale à 40 %). Lorsque ce taux s'abaisse en-dessous de ce chiffre, par exemple aux environs de 35 %, le sol a tendance à être plus lessivé (station 111).

Au point de vue analyse, le rapport de podzolisation des sols les plus fréquemment observés, du type N_1, est en moyenne de 2.

A ces types de sols bruns ou lessivés, correspond une forêt en général en bon état, se régénérant naturellement facilement. Les formes de dégradation des associations forestières que l'on peut rencontrer sur ces sols, sont le fait d'actions humaines ou biotiques brutales : elles ne correspondent donc pas à un lessivage plus accentué du sol, et on peut les considérer comme des associations transitoires, non définitives.

2° SOLS BRUNS OU LESSIVÉS, A FORTE TENEUR EN CALCIUM ÉCHANGEABLE

Ces sols sont caractérisés par leur richesse relative en bases échangeables et en particulier en calcium ; ils sont donc peu acides, le pH de l'horizon A oscille entre 5,7 et 6,5.

Dans certains cas, on n'observe absolument aucun lessivage et la teneur en argile est constante ou même décroît avec la profondeur (type U). Ces sols très riches en argile (profil 114, plus de 40 %) sont cependant suffisamment aérés, grâce à leur teneur élevée en chaux échangeable, qui maintient une structure grumeleuse très favorable.

Mais beaucoup de sols alluviaux sont caractérisés par une richesse beaucoup moindre en éléments fins ; ces sols sont cependant excellents, si l'on en juge d'après leur pH et leur taux en bases échangeables, mais étant plus perméables, ils donnent plus de prise au lessivage par les eaux d'infiltration et, très rapidement, apparaît à une profondeur assez grande (50 ou 80 cm.), un horizon B compact, riche en argile, qui s'imperméabilise progressivement et prend l'aspect du Gley. A un type de sol jeune ayant un caractère filtrant, succède donc un stade plus évolué à plan d'eau proche de la surface, au moins à certaines périodes : ce phénomène prouve que la perméabilité de la roche-mère est le facteur déterminant pour le lessivage de l'argile, plus que la

teneur en calcium ou le pH ; nous y reviendrons dans la troisième partie.

Notons que ces deux types de sol, possèdent en commun, les caractères de fraîcheur et d'humidité d'une part, d'excellent état de l'humus d'autre part ; cet humus, qu'on peut qualifier de neutre, se minéralise rapidement et donne lieu, fréquemment, à une nitrification active, comme en témoignent les plantes nitratophiles qu'on peut observer sur ces sols (*Urtica dioica, Geranium Robertianum,* etc...).

a) Association type (Tableau I)

C'est une Chênaie neutrophile et relativement hygrophile qui tire ses caractères distinctifs de la présence d'espèces fuyant l'acidité du sol ; à ce point de vue, il convient de noter, comme l'ont fait Ducet, Guérillot et Guyot [68], que le pH 5,7 constitue un véritable seuil physiologique et phytosociologique, au-dessus duquel apparaissent nombre d'espèces, qui ne se rencontrent jamais lorsque l'acidité est plus marquée.

Plusieurs auteurs ont décrit des types d'associations très voisins sous des noms divers : *Querceto carpinetum aretosum* (Etter [82]), *Querceto carpinetum typicum* (Tuxen [222]), *Querceto carpinetum atlanticum* (Lemée [144]), Ormaie subrudérale (Jovet [137]).

La strate arborescente est essentiellement constituée d'espèces exigeantes quant à la fraîcheur et à la richesse du sol : le Chêne pédonculé domine fréquemment, accompagné de Frêne et d'Orme champêtre ; le Charme est caractéristique de l'étage dominé ; le Hêtre est toujours absent dans le secteur ligérien, mais il remplace le Charme dans la région pyrénéenne (relevé N° 116 donné à titre de comparaison).

Notons que dans le relevé N° 113, c'est le Chêne Rouvre (ou sessile) qui tient la place du pédonculé, parce qu'il s'agit d'une forêt domaniale où le traitement en futaie, favorisant le Chêne Rouvre, a provoqué l'élimination progressive du pédonculé. Quant au relevé 114, il fait transition avec une association plus hygrophile (Aulnaie ou *Alneto carpinetum*), ce qui est normal pour un sol particulièrement riche en argile.

La strate arbustive est particulièrement bien développée : elle comprend *Acer campestre, Evonymus Europæus, Ligustrum vulgare, Cornus sanguinea, Rosa canina,* qui sont des neutrophiles caractérisés.

Les espèces herbacées neutrophiles, sont caractéristiques de cette association ; citons : *Brachypodium sylvaticum, Arum maculatum, Ficaria ranunculoïdes, Geum urbanum, Sanicula europæa, Geranium Ro-*

bertianum, Glechoma hederacea, qui sont les plus importantes : la plupart entrent dans le groupe des espèces de sol peu acide ou neutre (optimum pH 6 à 7) décrit par Olsen [170].

Certaines espèces sont neutrophiles, parce que nitratophiles ; citons : *Galeopsis tetrahit, Urtica dioïca, Geranium Robertianum, Ficaria ranunculoïdes.*

D'autres plantes, fréquentes dans cette association, ne lui sont pas exclusives ; ce sont les plantes d'humus doux, beaucoup plus plastiques au point de vue pH, classées par Olsen dans les plantes des sols d'acidité moyenne (pH 5 à 6). Citons : *Melica uniflora, Lamium Galeobdolon, Anemone nemerosa, Carex sylvatica.*

Enfin, il faut mentionner tout un cortège de plantes ubiquistes de la Chênaie, même dans ses faciès les plus acidophiles. Nous reviendrons amplement sur cette flore à propos des associations qui suivent.

Principales stations observées (Tableau I)

Station 111. — Alluvions. Route de Nogent-sur-Vernisson à Gien (Loiret), à 4 km. de Gien.

Station 112. — Alluvions. Domaine des Barres (Loiret), lieudit la « Vieille pépinière ».

Station 113. — Argiles pliocènes. Forêt de Moladier (Allier), parcelle D 3.

Station 114. — Argiles pliocènes. Forêt des Bertranges (Nièvre), parcelle C 3, 1re série, canton du Pré-Bourreau.

Station 115. — Même forêt, même sol. Bois du Marais, canton de Bizy.

A titre de comparaison, nous donnons un relevé provenant des Basses-Pyrénées ; la plupart des caractéristiques herbacées s'y retrouvent, et le profil du sol est identique.

Station 116. — Schistes cénomaniens. Bétharram (Basses-Pyrénées). Bois du Calvaire.

b) Profils types et Analyses

Premier type ; sol brun (profils 114-116). (Planches XI et XII, série A, type I).

A Sol brun foncé, très argileux à structure en grumeaux.

——— — 60.

C Argile grisâtre.

Deuxième type; sol lessivé à Gley (Profils 111, 112, 113, 115). (Planches XI et XII; série C, type II).

A_1	Brun noirâtre, humifère. Structure en grumeaux.
	— 10 à — 15.
A_2	Gris brunâtre; limono-argileux à taches rouilles vers le bas.
	— 50 à — 80.
Gley	Très compact; grisâtre.

Analyses

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H^2O	Mat. org.	Chaux éch.
	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 111: (Sol lessivé)								milli-éq./ 100 gr.
A_1	6,2	10,0	12,0	25,7	47,0	2,2	3,1	8,0
G	6	33,7	8,2	15,2	36,5	6,4	0	15,0
Station 114: (Sol brun)								
A	5,8	41,5	34,0	14,9	2,5	3,6	3,5	7,6
C	6,5	28,5	23,7	31,0	12,5	2,6	1,7	7,5
Stations 116: (Sol brun)								
A	5,8	25,2	27,8	27,1	11,6	3,3	5,0	
BC	6,4	29,2	30	23,6	8,8	4,1	4,3	

On observe que le rapport de podzolisation pour l'argile du sol lessivé N° 111 est supérieur à 3 et 2 pour la chaux échangeable. Ces chiffres sont relativement élevés et indiquent une tendance nette à la podzolisation.

Au contraire, pour les stations 114 et 116, l'accumulation d'argile en profondeur est nulle ou négligeable.

3° SOLS LESSIVÉS A FAIBLE TAUX DE CALCIUM ÉCHANGEABLE

Ces sols, qui caractérisent la plupart de nos forêts en bon état du secteur ligérien, prennent naissance sur des roches-mères argileuses, mais naturellement acides et pauvres en calcium échangeable; c'est le cas de la plupart des argiles à silex et des argiles à chailles. Le lessivage reste réduit, le plus souvent (rapport de podzolisation moyen

TABLEAU I. — CHÊNAIE NEUTROPHILE

Stations	111	112	113	114	115	116
STRATE ARBORESCENTE						
Quercus pedunculata	4 1	3 1		4 1	2 1	3 2
Q. sessiliflora			5 5			
Fraximus excelsior	+	1 1	2 1	2 1		
Ulmus campestris	+	2 1		2 1	2 1	
Alnus glutinosa				1 1		
Carpinus betulus	1 2	+		2 1	3 2	
(*Fagus sylvatica*)						3 2
STRATE ARBUSTIVE (préférentes neutrophiles)						
Acer campestre		2 2			3 3	
Evonymus europæus	+	+	+		+	
Ligustrum vulgare	1 1	+	+	1 1	+	
Cornus sanguinea	1 1	1 1	+	+	+	
Ribes rubrum	+					
Rosa canina	+	2 1	+	2 1		
Rubus fruticosus	1 2	2 3	1 2	2 2		2 1
Corylus Avellana	3 2					2 2
Cratægus monogyna	1 1	+			1 1	+
CARACTÉRISTIQUES NEUTROPHILES						
Brachypodium sylvaticum	+	4 3	3 3	4 3		2 2
Carex maxima				+		
C. remota		+				
C. divulsa		1 2				
Arum maculatum	+	+				+
Ficaria ranunculoides		+				
Geum urbanum		2 1	+		+	+
Sanicula europæa		+				+
Urtica dioica		+				
Geranium Robertianum	1 1	2 1	2 1			+
Galium aparine		1 1				
Tamus communis	1 1		1 1			+
Cucubalus baccifer	+	+			+	

Stations	111	112	113	114	115	116
Lysimachia nemorum						1 1
Primula officinalis	+	+			+	
Stachys sylvatica	+					
Glechoma hederacea		1 2				
Galeopsis tetrahit	+					
Pulmonaria longifolia			1 1			
Caractéristiques d'humus doux						
Hedera helix	3 4	1 3	+		+	2 2
Poa nemoralis	1 1	2 2			1 1	
Bromus asper					+	
Melica uniflora		+	3 2	1 1		
Carex sylvatica			+	1 1		+
Asperula odorata			3 2			
Anemone nemorosa		+	+			
Stellaria holostea		1 1				+
Polygonatum multiflorum	1 1	+				
Lamium Galeobdolon				+		
Euphorbia dulcis					+	+
E. hyberna			3 2			
Eurhynchium striatum	+					
Caractéristiques de la Chênaie acidophile						
Ilex aquifolium			+			+
Ruscus aculeatus		+	+			+
Luzula Forsteri		1 2				
Viola riviniana	1 1	2 2				+
Carex pallescens	+					
Hypericum pulchrum	+					
Peucedanum gallicum	+					
Fragaria vesca	1 1	2 2	+			
Potentilla splendens						+
Teucrium scorodonia						+
Betonica hirsuta	+					+
Serratula tinctoria	+				1 1	
Blechnum spicant						+
Polystichum felix mas.						1 2
Athyrium felix femina						+

de 2), en raison de la faible perméabilité de la roche-mère : il est à remarquer, à ce propos, que ces sols peu lessivés ne s'observent que sur les argiles à silex ou à chailles relativement pauvres en cailloux et en silex, au moins dans les horizons supérieurs. Dès que la teneur en cailloux atteint et dépasse 30 à 40 % par rapport à la terre fine, on passe à un type de sol podzolique, voire à un podzol.

Le pH en surface varie entre 4,8 et 5,7. Le chiffre rencontré le plus fréquemment est 5 ou un peu supérieur à 5. L'humus est encore du type humus doux (Mull.), mais il est à sa limite d'acidité et manifeste à partir de 5 et en-dessous une nette tendance à se transformer en humus brut.

Le profil typique est très homogène : l'horizon illuvial est nettement visible et il est du type ferrique, le drainage par les racines empêchant toute formation de Gley ; mais le Gley apparaît chaque fois que, pour une cause ou pour une autre, le peuplement s'éclaircit, ce qui provoque aussitôt une remontée du plan d'eau : ce phénomène, s'il est de longue durée, peut avoir des conséquences graves pour l'avenir de la forêt ; nous y reviendrons ultérieurement.

a) Associations types (Tableau II)

Dans le centre du secteur ligérien, l'Association caractéristique est une Chênaie à humus doux, avec une proportion variable de Charme, pouvant évoluer lorsque le pH décroît et atteint la limite compatible avec la formation d'humus doux (5), vers une Chênaie acidophile, sans Charme, et dans laquelle toute trace de flore d'humus doux disparaît.

Presque tous les auteurs ont marqué une distinction précise entre ces deux associations. La première a été décrite par Etter, pour le plateau suisse, sous le nom de *Querceto carpinetum luzuletosum* [82], Lemée la rattache au *Querceto carpinetum atlanticum,* décrit ci-dessus, dont il admet qu'elle n'est qu'un faciès appauvri [144].

Quant à la seconde, elle a été décrite pour l'Europe centrale, par Braun-Blanquet, qui l'a nommée *Quercetum medio-europæum* [32] et par Lemée [144 à 146] et Tuxen [222- 223] qui ont décrit son faciès atlantique, particulièrement riche en houx, sous le vocable : *Quercetum ilicetosum;* Gaume l'a également étudiée en forêt d'Orléans [96-98].

En réalité, il ne semble pas que la coupure entre ces types d'associations soit aisée ; on trouve tous les termes de passage de l'une à l'autre. De plus, le profil du sol reste sensiblement constant et ses

propriétés ne varient que par suite de légères différences de chaux échangeable, et d'acidité superficielle. Il semble que l'influence humaine soit un facteur particulièrement important pouvant influer sur l'évolution de la flore forestière soit dans un sens soit dans l'autre (voir ci-dessous, page 63).

Dans le Tableau II, on peut observer le passage progressif de la Chênaie à humus doux à la Chênaie acidophile. Les relevés 117, 118, 119, caractérisés par un pH élevé en surface (5,4 à 5,7), appartiennent nettement à la Chênaie à humus doux; les relevés 1110, 1111, 1112, 1113 (pH de $A_1 = 5$), sont intermédiaires; quant aux relevés 1114 et 1115, leur sol a un pH légèrement inférieur à 5 en surface. Ils sont du type Chênaie acidophile.

Si on compare ces associations avec la précédente, on constate que c'est le Chêne Rouvre (*Quercus sessiliflora*) qui, cette fois-ci, est dominant; il peut être accompagné de Charme et de Hêtre, mais le Frêne, l'Orme, l'Aune ont disparu. La strate arbustive, encore bien représentée dans la Chênaie à humus doux, s'est appauvrie. Quant à la flore herbacée neutrophile, elle a totalement disparu.

Dans la Chênaie à humus doux, le Charme est fréquent et les morts-bois sont encore présents quoiqu'assez disséminés. La flore caractéristique de cet humus doux, bien développée lorsque le pH est supérieur à 5, comprend surtout: *Anemone nemorosa, Melica uniflora, Milium effusum, Hedera helix, Carex sylvatica, Asperula odorata, Polygonatum multiflorum.*

Dans la Chênaie acidophile, les éléments d'humus doux ne subsistent plus qu'à l'état de relique d'une situation antérieure plus favorable. Le Charme et les morts-bois de la strate arbustive disparaissent, sauf la Ronce, nettement plus plastique. La flore de la Chênaie acidophile tend à prédominer quand le pH est inférieur à 5; elle comprend notamment: *Ilex Aquifolium, Ruscus aculeatus, Lonicera periclymenum, Luzula Forsteri, Holcus mollis, Deschampsia flexuosa, Festuca capillata, Hypericum pulchrum, Melampyrum pratense, Teucrium scorodonia, Betonica hirsuta, Pteris Aquilina.*

Précisons qu'Aubert a déjà mentionné la rareté du Charme sur les sols acides [**17**].

Le Houx, particulièrement abondant en bordure Nord-Ouest du secteur ligérien, en raison du climat plus humide (d'où le nom donné par Tuxen et Lemée à l'association), est plus disséminé dans le centre, nettement plus sec.

Notons enfin que le pH 5 de l'horizon A_1 constitue une zone d'équi-

TABLEAU II. — CHÊNAIE A HUMUS DOUX ET CHÊNAIE ACIDOPHILE

Stations	117	118	119	1110	1111	1112	1113	1114	1115
STRATE ARBORESCENTE									
Quercus sessiflora	5 5	.....	4 5	4 4	5 5	5 5	5 5	5 5	5 4
Q. pedunculata	.....	4 4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Fagus sylvatica	1 1	.....	1 1	.....	+	+	.....	+	3 2
Carpinus betulus	1 1	2 1	+	3 4	2 2	+	.....	.....	.....
STRATE ARBUSTIVE									
Carpinus betulus	2 1	2 1	2 1	1 1	1 1	.....	1 1	.....	.....
Fagus sylvatica	1 1	.....	2 1	.....	.....	.....	.....	.....	+
Acer campestre	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Corylus Avellana	+	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rubus fruticosus	+	.....	2 1	.....	+	1 2	+	1 2	1 3
Rosa canina	.....	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ligustrum vulgare	1 1	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CARACTÉRISTIQUES D'HUMUS DOUX									
Anemone nemerosa	+	.....	.....	+	.....	.....	1 1	.....	.....
Festuca heterophylla	.....	.....	+	2 1	1 1	+	.....	.....	.....
Melica uniflora	3 2	2 2	1 1	+	1 3	.....	+	.....	.....
Milium effusum	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Poa nemoralis	.....	.....	.....	+	+	.....	.....	.....	.....
Hedera helix	1 2	+	2 1	+	.....	.....	+	+	.....

F. dulcis						1 1	+		
Carex sylvatica		1 1							
Oxalis acetosella			1 1						
Asperula odorata	1 1		2 1						
Polygonatum multiflorum							+		

Caractéristiques
de la chênaie acidophile

Ilex Aquifolium	+	+	3 4	+	2 2	2 3		4 4	2 2
Ruscus aculeatus	+	+					+		2 3
Lonicera periclymenum	+		1 1		+		1 1	1 1	+
Luzula maxima		+							+
L. Forsteri				1 1					
Carex pilulifera				+		+			
Holcus mollis				2 2					
Deschampsia flexuosa				2 3	+	+	3 2		
F. capillata				+					
Viola riviniana				+			+		
Hypericum pulchrum			+	+		+		+	
Melampyrum pratense			+	2 1		2 1		+	+
Teucrium scorodonia		+		+			2 1		+
Betonica hirsuta									
Pteris Aquilina									1 1
Solidago Virga-aurea		+							
Rhamnus Frangula									
Thyidium Tamariscinum					+	+	+		
Polytrichum formosum						+			
Rhytidiadelphus triqueter				+					
Scleropodium purum							3 3		
Stereodon cupressiforme							+		

libre, relativement instable, pour laquelle l'influence humaine est prépondérante : nous y reviendrons ultérieurement.

Principales stations étudiées (Tableau II)

Station 117. — Argiles pliocènes. Forêt de Moladier (Allier). Parcelle D 3.

Station 118. — Argiles pliocènes. Forêt des Bertranges (Nièvre). Parcelle G 3. Canton de la Bertherie.

Station 119. — Argiles à silex. Forêt de Bellème (Orne). Parcelle 2 de la série artistique ; canton de la Herse.

Station 1110. — Argiles à chailles. Forêt de Montargis, Parcelle K 2 de la série nord (route d'Enfer).

Station 1111. — Même roche-mère, même forêt. Parcelle F 2, série sud, près du village de Paucourt.

Station 1112. — Argiles à silex. Forêt de Blois (Loir-et-Cher). Parcelle 5 les « Pauverts ».

Station 1113. — Alluvions ; cailloutis-pliocènes. Forêt de Marcenat (Allier). Parcelle 52, 2e série.

Station 1114. — Argiles à silex. Forêt de Bercé (Sarthe). Parcelle A 4, canton de la Boulaie.

Station 1115. — Argiles pliocènes. Forêt des Bertranges. Parcelle A 4, 1re série, canton de Villemaigre.

b) Profils et analyses (Planches XI et XII, série B, type II)

Le profil caractéristique de cette catégorie de sol est remarquablement constant :

A_1	Brun foncé humifère, à teinte dégradée vers le bas, limite inférieure peu précise.
— 5 à — 10.	
A_2	Brun clair, ou jaune foncé, argilo-limoneux, plus ou moins riche en cailloux.
— 50 à — 60.	
B	Brun rouille, beaucoup plus compact, proportion variable de cailloux.

Assez souvent on trouve un horizon de type Gley, beaucoup plus profondément (— 90 à — 120). Ce niveau imperméable n'a qu'une faible influence sur la végétation, en raison du drainage effectué constamment par les racines des arbres (Stations 118, 1110, 1112).

Analyses

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Fer libre	Chaux éch.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
									milli-éq./ 100 gr.
Station 117:									
A_1	5,4	14,2	27,2	26,0	27,7	1,7	3,2	0,15	2,6
A_2	5,8	15,5	31,4	29,2	21,5	1,5	1,4	0,14	1,1
B	5,8	27,5	27,5	25,1	17,0	2,9	0	0,20	3,0
Sol très pauvre en cailloux.									
Station 118:									
A_2	5,6	17,8	22,2	32,6	24,0	1,4	2,0		
B_1	Non analysé.								
Gley	5,6	50,7	13,2	16,5	14,7	3,9	1,0		
Forte proportion de cailloux dans l'horizon A_2.									
Station 119:									
A_1	5,7	12,7	27,5	52,8	3,7	1,3	2,0		0,5
B	6	22,5	25,0	47,2	2,5	2,5	0,3		5,0
Sol très pauvre en cailloux.									
Station 1110:									
A_1	5	13,0	21,0	25,7	34,5	1,4	4,4	0,24	1,0
A_2	5,2	15,5	24,2	26,3	31,3	1,5	1,1		
B	5,6	32,5	19,0	22,0	23,5	3,0	0	0,88	1,5
Forte proportion de galets roulés dans l'horizon B.									
Station 1112:									
A_1	5	non analysé.							
A_2	5,5	14,5	34,5	38,8	9,5	1,5	1,2		
B	5,8	15,5	35,2	36,2	5,5	5,0	2,1		
Sol très pauvre en cailloux.									
Station 1114:									
A_1	4,9	non analysé.							
A_2	5,4	10,8	22,7	59,3	4,2	1,3	1,7	0,34	0,7
B	5,7	23,2	21,5	48,6	3,5	2,8	0,4	1,01	1,4
Sol très pauvre en cailloux.									
Station 1115:									
A_1	4,8	non analysé.							
A_2	5,2	21,7	37,5	30,3	7,6	1,2	1,7		0,4
B	5,2	41,3	28,3	22,2	6,0	2,2	0		0,5
Assez forte proportion de cailloux dans tous les horizons.									

Le rapport de podzolisation pour l'argile est en moyenne de 2. Pour le profil 118, ce chiffre est plus élevé et à bien des égards, ce sol rappelle par ses propriétés celui des stations 111 et 112; (l'association, nous l'avons vu, fait d'ailleurs transition avec la Chênaie neutrophile). Si le lessivage est aussi accentué, c'est sans doute en raison de la très forte proportion de cailloux qui rend ce sol plus filtrant.

Au contraire, le sol 1112 est une véritable sol brun à peine lessivé, ce qui s'explique par l'absence de cailloux et la faible teneur en sables.

Signalons également la particularité du sol de la station 119 d'être très appauvri en chaux échangeable dans l'horizon A_1: celle-ci a déjà subi un lessivage important, qui se traduit en surface par l'apparition d'un horizon A_0 de 2 à 3 cm. Il semble que ce sol soit à la veille de subir une podzolisation intense.

Pour le fer libre, le rapport de podzolisation reste faible et ne dépasse pas 3; on observe que le pH, sans être exactement proportionnel à la teneur en chaux échangeable, varie dans le même sens, pour les horizons A_2 et B. On peut également constater que cette teneur en chaux échangeable est notablement plus élevée pour les sols de la Chênaie à humus doux, que pour les sols de la Chênaie acidophile: la Chênaie à humus doux fait donc bien, à ce point de vue, transition entre la Chênaie neutrophile et la Chênaie acidophile.

c) Cas particulier
Sols lessivés et filtrants en climat humide
(Quotient pluviothermique: 110-125)

Ce type de sol est exactement semblable au précédent, auquel il se rattache; il présente les mêmes caractères d'ensemble en ce qui concerne la teneur en éléments fins, et le rapport de podzolisation, mais il a deux particularités: d'une part, la forte proportion de sables ou de graviers par rapport à la terre fine (ce qui le rapproche des sols précédents les plus filtrants), d'autre part le pH toujours plus élevé pour l'horizon A_1 que pour l'horizon A_2, ce qui n'est pas toujours le cas dans les types de sol précédents.

Sur ces sols filtrants, à humus doux, on trouve, à la périphérie du secteur ligérien, dans les zones à climat humide (Quotient pluviothermique 110-125), en particulier dans l'Orne, dans la Sarthe, etc..., une Chênaie-Hêtraie à humus doux, analogue au *Querceto-Fagetum*, analysé dans le Perche par Lemée [144].

Il faut insister sur le fait que cette association ne se rencontre pas

sur les sols non calcaires dans la partie centrale du secteur ligérien, à climat plus sec, où elle est remplacée par la Chênaie à humus doux que nous avons décrite.

La Chênaie-Hêtraie comprend dans sa strate arborescente environ 50 % de Hêtres et 50 % de Chênes. La végétation est essentiellement constituée par les éléments de la flore d'humus doux, notamment *Melica uniflora,* alors que la flore de la Chênaie acidophile a presque totalement disparu.

Les propriétés particulières des sols de la Chênaie-Hêtraie, décelées par l'analyse, sont le reflet de la végétation : on doit attribuer à la présence de hêtre, nettement améliorant dans cette zone et à la litière particulièrement abondante et riche en calcium qu'il fournit, la haute teneur en matière organique des horizons supérieurs et le pH de l'horizon A_1 plus élevé que celui de A_2. (La teneur en calcium échangeable du premier est supérieure à celle du second).

Voici deux exemples de cette association forestière, observés l'un en forêt de Bercé sur un sol particulièrement filtrant (présence de nombreux cailloux roulés), l'autre, un peu en dehors de la région qui nous intéresse, dans l'Eure.

Station 1116. — Argiles à silex. Forêt de Bercé. Parcelle E 3, canton de la Gaie Mariée.

Strate arborescente :

Fagus sylvatica	3 3	*Quercus sessiliflora*	3 3

Caractéristiques :

Melica uniflora	3 2	*Holcus mollis*	+
Poa nemoralis	4 4	*Juncus effusus*	+
Milium effusum	1 1	*Viola sylvatica*	+
Hedera Helix	+	*Ilex Aquifolium*	+
Oxalis acetosella	1 1	*Androsæmum officinale*	+
Euphorbia sylvatica	+	*Rubus fruticosus*	2 1
Polystichum felix mas	+	*Ruscus aculeatus*	1 2
Polystichum spinulosum	+	*Luzula Forsteri*	+
Veronica montana	+	*Hyperichum pulchrum*	+
Circæa lutetiana	+	*Polypodium Dryopteris*	+
		Polytrichum formosum	+

Accessoires :

Lonicera periclymenum	+

Station 1117. — Limons des plateaux. Domaine de l'Académie d'Agriculture d'Harcourt. Parc du Château.

Strate arborescente :

Fagus sylvatica	4 3	*Quercus sessiliflora*	1 1
Carpinus betulus	+	*Corylus Avellana*	1 1

Strate herbacée :

Asperula odorata	2 2	*Euphorbia sylvatica*	+
Melica uniflora	2 2	*Lamium galebdolon*	1 1
Milium effusum	2 2	*Endymion nutans*	+
Anemone nemorosa	1 1	*Rubus fruticosus*	+
Polygonatum multiflorum	+		

Analyses

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Chaux éch.
	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 1116 :								
A_1	5,7	12,5	23,2	51,9	2,5	1,8	8,1	1,5
A_2	5,5	12,0	21,5	59,5	4,7	1,2	1,1	0,8
B	6,2	20,0	26,0	48,0	1,9	3,6	0,5	7,9
Station 1117* :								
A_1	6,5	12,4	18,8	63,4	0,4		4,6	
A_2	5,5	13,9	19,1	64,1	0,4		2,5	
B	6,3	24,2	18,5	55,4	0,2		1,6	

* Analyse faite au laboratoire de G. AUBERT et publiée dans la note d'AUBERT et DUCHAUFOUR sur les sols du domaine d'Agriculture d'Harcourt [**22**]. Cette analyse donne les teneurs en % de terre sèche à 105°, et non en % de terre sèche à l'air.

4° LES SOLS BRUNS OU LESSIVÉS MODIFIÉS PAR L'ACTION HUMAINE

Nous avons déjà laissé entrevoir le rôle déterminant que pouvait avoir l'action humaine, pour orienter l'évolution d'une association, surtout lorsque cette association se trouve au voisinage de sa limite écologique, et par conséquent en équilibre plus ou moins instable, et comme telle facilement modifiable. Nous devons à ce sujet étudier successivement l'action raisonnée, constructrice, de l'homme par la sylviculture et l'action destructrice, exercée le plus souvent par l'homme et par les animaux, mais qui est aussi quelquefois le fait de causes accidentelles.

a) Action raisonnée

La sylviculture, surtout lorsqu'elle est pratiquée toujours dans le même sens depuis des siècles, peut exercer une influence prépondérante sur l'évolution des associations ; cette influence a été très souvent négligée ou sous-estimée par beaucoup de phytosociologues, qui ont étudié les associations forestières.

Un premier exemple très typique est l'influence humaine sur la répartition du Charme ; cette espèce, très abondante dans l'Est de la France, se raréfie vers l'Ouest, et dans le secteur ligérien, elle a tendance à se localiser sur les sols qui lui sont les plus favorables : sols calcaires ou neutres, sols riches en chaux échangeable, par conséquent, dont nous avons parlé ci-dessus.

Nous avons vu que le pH 5 était un véritable seuil, en-dessous duquel le Charme se maintenait difficilement, ainsi du reste que plusieurs espèces d'humus doux. Il est incontestable qu'autour de ce seuil, l'action de l'homme va devenir prépondérante : grâce au traitement en taillis, qui convient particulièrement au Charme, le sylviculteur aura la possibilité de maintenir cette essence, sur des sols qui ne lui sont pas favorables et sur lesquels il serait infailliblement éliminé par la concurrence des autres espèces, dans une forêt vierge, où la reproduction par graine interviendrait seule ; c'est là le seul moyen d'expliquer la présence du Charme, sur des sols franchement acides en surface, donc impropres à sa régénération par graine : nous en reparlerons à propos des sols podzoliques (p. 80).

Une statistique effectuée dans le département de la Sarthe (1) a montré que le Charme, complètement absent du Massif de Bercé, traité en futaie depuis des siècles et où les forestiers lui ont fait la guerre, était présent dans presque tous les massifs particuliers, se trouvant sur un sol analogue, et traités en taillis sous futaie. La même observation peut être appliquée à la forêt de Blois ; la forêt de Montargis, au contraire, ancien taillis sous futaie en cours de conversion en futaie est très riche en Charme, qui se montre maintenant très gênant pour la régénération du Chêne.

Rappelons également que le Charme, grâce à sa litière riche en chaux et facilement décomposable, peut ramener en surface une certaine quantité de bases échangeables, puisées en profondeur par ses racines, et maintenir le pH à un niveau assez élevé : le fait est démontré par l'analyse de la chaux échangeable du sol N° 117. Le

(1) Cette statistique a été effectuée par les soins de M. l'Inspecteur Viney, qui a eu l'obligeance de nous en communiquer les résultats.

Charme peut ainsi favoriser par sa seule présence, le maintien des espèces d'humus doux qui ne manqueraient pas de céder la place à une flore plus acidophile s'il venait à disparaître.

Le Charme accompagné de son cortège d'arbustes et de plantes d'humus doux caractéristiques peut donc, grâce à l'action humaine, continuer à subsister au voisinage du seuil déjà mentionné, au point de vue bases échangeables et acidité (pH 5) ; c'est le cas de la Station 1110 en forêt de Montargis : l'association ainsi constituée peut être considérée comme artificielle. Sans l'homme, on serait en présence, sur de tels sols, d'une Chênaie acidophile, qui constitue le véritable climax. Cette constatation est conforme à celle de Lemée pour le Perche [144], mais s'oppose à celle qu'il formule pour le Bessin : il estime en effet que dans cette région le climax est un *Querceto Carpinetum* même sur les sols décalcifiés et relativement acides [146]. Nous ne pouvons souscrire à cette conclusion.

Un autre exemple caractéristique de l'action humaine est l'élimination systématique du Hêtre, dans tous les points du secteur ligérien où il se montre envahissant, donc dans les zones de bordure Nord et Nord-Ouest à climat plus humide. Partout où le sol est suffisamment filtrant, en forêt de Bercé, de Bellême, en certains points des forêts des Bertranges, et de Montargis, le Hêtre l'emporte sur le Chêne dans les régénérations et dans les gaulis. C'est au cours des éclaircies successives qu'il est éliminé presque totalement et réduit à un rôle secondaire dans l'étage dominé. Etant donné l'influence bienfaisante de la litière de hêtre sur l'état de l'humus, dont nous avons parlé, une des conséquences de sa raréfaction est une légère acidification superficielle, qui provoque la régression des espèces d'humus doux devant les espèces acidophiles : bien souvent, une Chênaie acidophile prend ainsi la place d'une Chênaie-Hêtraie à humus doux qui constitue, localement du moins, un véritable climax ; c'est certainement ce qui s'est produit pour le relevé N° 1115 en forêt des Bertranges, dans une station où le hêtre se montre envahissant en raison de l'humidité du climat local, et du sol très filtrant.

b) Action destructrice - Création de vides

Il ne s'agit pas ici des coupes de régénération effectuées à intervalles réguliers dans les massifs forestiers : ces coupes sont en général progressives ; la substitution du jeune peuplement, le fourré, à la vieille futaie, s'opère sans transition brutale. Dans ces conditions, le sol n'est que rarement mis à nu sur de grandes surfaces ; il ne se

trouve découvert que partiellement et pour une courte durée. Les conséquences de ces opérations sylvicoles sont alors plutôt favorables; l'activité bactérienne est réveillée par la chaleur et la lumière accrue, le pH se relève, la matière organique est activement décomposée et minéralisée, et l'on assiste à l'envahissement de la surface de la coupe par des espèces nitratophiles telles qu'*Epilobium spicatum, E. angustifolium, Geranium Robertianum,* etc... Nous avons observé ce phénomène fréquemment et il a été signalé par de nombreux auteurs, tels que Olsen [170], Aichinger [7], et plus récemment Lemée [144].

Mais cet effet favorable n'est que de courte durée. Les choses se passent tout autrement, si pour une cause ou pour une autre la substitution d'un jeune peuplement à un peuplement âgé ne se produit pas assez vite et si le sol reste découvert pendant une longue période. Ce phénomène peut se produire soit dans le cas d'une coupe de régénération manquée, soit dans le cas de coupes trop brutales, de coupes rases par exemple, soit enfin de coupes très claires et pratiquées à des intervalles de temps trop rapprochés (taillis à courte révolution). Le sol se couvre alors d'une végétation dense d'espèces sociales et héliophiles, particulièrement nuisibles par la concurrence qu'elles exercent à l'égard des jeunes semis, et par leur action modificatrice sur le sol. Une autre conséquence particulièrement grave, est la surélévation du plan d'eau, causée par la diminution de l'absorption de l'eau souterraine par les racines du peuplement.

Deux cas peuvent alors se présenter:

1° Si le sol est suffisamment filtrant, ce qui est le cas pour ceux des sols précédents, qui sont riches en cailloux ou en éléments grossiers, ou bien si le sol est drainé par suite de sa localisation topographique, la variation de niveau de la nappe aquifère sera d'amplitude assez faible pour ne pas avoir d'effet immédiat.

Dans ce cas, le danger pour la forêt peut être d'un autre ordre: il réside dans la possibilité d'une acidification progressive de l'humus superficiel sous l'action des espèces sociales envahissantes, notamment des Ericacées, et dans un lessivage de la partie superficielle du sol: ce phénomène sera étudié de façon détaillée dans les paragraphes ultérieurs.

2° Si le sol est pauvre en éléments grossiers, et en cailloux, le phénomène de remontée de la nappe aquifère peut être beaucoup plus accentué.

En même temps, ainsi que Burger [37] l'a constaté, il se produit un tassement des couches superficielles du sol, dû à la diminution de

l'activité des animaux (vers de terre), ce qui accentue encore le phénomène, et le rend plus préjudiciable encore : il s'ensuit d'importantes modifications du profil du sol et de la végétation ; les modifications du sol sont les suivantes :

L'activité bactérienne diminue en surface par suite du remplacement de bactéries aérobies par des anaérobies à action plus lente ; la matière humique s'accumule superficiellement et les horizons A_0 et A_1 augmentent d'épaisseur. L'horizon d'accumulation ferrique, se transforme en un horizon de Gley par suite de la réduction des sels de fer en milieu saturé d'eau. Le niveau supérieur de cet horizon de Gley se surélève à son tour progressivement, car il accompagne le déplacement du plan d'eau ; les sels ferreux, qui prennent naissance, étant solubles, migrent vers le haut et précipitent par oxydation immédiatement au-dessus du Gley où l'on observe des taches rouilles caractéristiques. L'analyse prouve qu'il n'y a aucune modification des teneurs en argile des différents horizons. La faible profondeur du niveau d'eau empêche tout lessivage, comme le prouve le pH, qui reste constant. Il ne se produit donc aucune acidification.

En ce qui concerne les modifications de la végétation, on peut observer une évolution de la flore forestière qui passe par une série de stades successifs. On observe d'abord la disparition des espèces nitratophiles et d'humus doux qui avaient pu s'installer sur le parterre de la coupe ; elles sont remplacées par la flore plus acidophile caractéristique de la *Chênaie claire en sol humide,* que nous étudierons plus loin (voir sols podzoliques, page 71 et Tableau III). Puis cette association cède la place à son tour à des espèces plus exigeantes en lumière, en particulier *Molinia cærulea* et *Calluna vulgaris.* On passe alors à une véritable *lande à Molinie et Callune,* comparable à celle que nous étudierons à propos des podzols (Tableau VIII). Les quelques chênes isolés qui peuvent subsister sèchent rapidement en cime par asphyxie des racines.

Les exemples que nous avons pu observer de cette évolution régressive de la forêt, sous l'action de la remontée au plan d'eau, sont nombreux. Nous en citerons quelques-uns :

Chênaie claire en sol humide (Tableau III)

Station 1117. — Argiles du sparnacien. Forêt de Thou (Loiret). Entrée de la forêt.
Coupes de taillis rapprochées.

Station 1118. — Argiles plioècnes. Forêt de Moladier (Allier). Parcelle B 2. Coupe secondaire, claire, effectuée il y a une trentaine d'années. Aucune régénération ne s'est installée.

Les deux relevés floristiques ont été portés sur le tableau III ; on peut ainsi les comparer avec les relevés de cette même association sur sol faiblement podolzique.

C'est à Moladier que nous avons pu observer la succession d'associations la plus caractéristique : la station 117, déjà étudiée (Tableau II), offre un exemple du point de départ, la vieille futaie. Non loin de là, dans la parcelle A 1, qui est à l'état de coupe secondaire récente, on assiste à la multiplication des espèces d'humus doux (*Melica uniflora, Asperula odorata*) accompagnées de nitratophiles (*Epilobium angustifolium, Geranium Robertianum, Galeopsis tetrahit*) ; enfin, dans la station 118, où le peuplement existe à l'état clair depuis longtemps, la substitution de la flore acidophile et hygrophile de la Chênaie claire, à la flore d'humus doux, est totale. Notons que la seule différence des sols consiste dans l'apparition d'un horizon de Gley dans la dernière station.

Lande humide à Molinie et Callune

Elle a pu être observée dans les stations suivantes :

Station 1119. — Argiles plastiques. Forêt de Thou (Loiret). La Marnière blanche.

Quercus pedunculata (sec en cime)	1 1	*Rhamnus Frangula*	1 1
Populus Tremula	2 1	*Salix atrocinerea*	+
Betula verrucosa	1 1	*S. aurita*	+
B. pubescens	1 1	*Genista anglica*	+
Molinia cærulea	5 5	*Ulex nanus*	+
Calluna vulgaris	1 1	*Potentilla Tormentilla*	+
Erica Tetralix	+	*Lonicera periclymenum*	+
		Teucrium Scorodonia	+

Station 1120. — Argiles plastiques. Forêt de Montargis. Parcelle H 4, série sud (sud de la route de Montargis à Sens).

Pinus sylvestris (plantés)	3 1	*Potentilla tomentilla*	2 1
Quercus sessiliflora	1 1	*Hypericum pulchrum*	1 1
Populus Tremula	1 1	*Carex pallescens*	+
Sorbus torminalis	+	*C. glauca*	+
Molinia cærulea	5 5	*Teucrium Scorodonia*	1 1
Calluna vulgaris	1 1	*Betonica hirsuta*	+
Erica cinerea	1 1	*Peucedanum gallicum*	+
Genista anglica	+	*Scorzonera humilis*	+
Danthonia decumbens	2 2	*Plantago lanceolata*	+
Orchis maculata	+		

Si on compare ces deux relevés à ceux de la Chênaie dégradée à Bouleau et à Callune (Tableau V), on est aussitôt frappé par la dominance caractérisée de la Molinie, et l'importance moindre de la Callune ; de plus, des espèces typiques de la lande telles que *Erica tetralix, Genista anglica,* sont présentes. On se trouve donc en présence d'un faciès nettement plus humide qu'on peut vraiment qualifier de lande.

Par contre, la comparaison avec la lande à Callune et à Molinie sur podzol (Tableau VIII), montre une survivance plus marquée des espèces forestières, qui rappelle l'état antérieur : quelques arbres, quoique mal venant et secs en cime, sont les derniers témoins de la forêt, et la flore de la Chênaie acidophile est encore bien représentée. Ces nuances trahissent une évolution particulièrement rapide, brutale même, sur un sol extrêmement humide.

Précisons qu'il semble que la Molinie rencontrée sur ces sols, appartienne à un écotype différent, moins acidophile que celui qu'on trouve sur les sols podzoliques les plus acides, et sur les podzols. Olsen [**170**] a déjà constaté que la Molinie présente, au point de vue du pH, deux optimum (4 et 6,5). Guinochet a pu vérifier récemment qu'il s'agissait là de véritables sous-espèces caractérisées par un stock chromosomique différent (1).

Le profil caractérisant ces deux stations est le suivant :

A_0 A_1	Horizons humifères à feutrage de racines de Molinie.
——	— 10.
A_2 G	Horizon jaunâtre à taches rouilles vers le bas. Absence complète de cailloux.
——	— 20 à — 30.
G	Gley très compact.

Analyses

	pH.	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Chaux éch.
Station 1119 :								
A_1	5,4	12,0	23	28,5	33,0	1,4	2,1	1,0
G	5,8	23,0	24,7	23,8	26,0	2,5	0	1,5
Station 1120 :								
A_2	5,7	19,0	8,3	10,7	48,1	2,7	1,2	9,3
GC	6,2	51,5	12,2	13,2	16,0	7,1	0	35,8

(1) Recherches en cours, encore inédites.

Les analyses montrent que ces sols, en particulier le premier, n'offrent pas de différences profondes avec ceux de la Chênaie à humus doux ou de la Chênaie acidophile : les résultats de l'analyse du profil 1119 sont en tout point comparables à ceux du profil 1114, caractérisé par la présence d'une belle futaie de Chênes. En particulier, l'acidité et la teneur en chaux échangeable sont du même ordre de grandeur. Celle-ci est même particulièrement élevée pour le sol 1120 ; elle n'est donc pas un facteur limitant à ce point de vue.

D'autres observations que nous avons pu effectuer dans des régions différentes de celle que nous étudions ici, confirment entièrement cette interprétation : en forêt de Chaux (Jura), sur un sol argileux très compact, existent dans le peuplement des trouées envahies par la Molinie. L'analyse du sol d'une de ces trouées (parcelle 28, 1re série), a donné des résultats tout à fait identiques à celle du sol du peuplement dense voisin.

Or, le premier était un sol à Gley à 40 cm. de profondeur, alors que le second, était un sol Brun à horizon illuvial un peu plus compact, de couleur rouille, à 90 cm. de profondeur.

Nous conclurons en attirant l'attention sur le caractère d'équilibre instable de la forêt, sur les sols compacts non drainés. Au point de vue chimique, ces sols seraient favorables à la croissance des arbres, comme en témoignent les beaux peuplements qu'on y trouve fréquemment, mais leurs propriétés physiques sont défectueuses. Les arbres souffrent en période humide d'une aération insuffisante causée par la saturation en eau des horizons inférieurs ; en période de grande sécheresse, au contraire, la nutrition en eau se fait mal, par suite de l'insuffisance de pénétration des pluies en profondeur, et de la force de rétention de l'eau par les colloïdes du sol, quand les réserves d'humidité deviennent insuffisantes.

Les peuplements peuvent néanmoins rester en bon état tant que le plan d'eau est maintenu à une profondeur optima par la succion des racines. Si, pour une cause ou pour une autre (régénération manquée, trouvée de chablis, épidémies, incendie, etc...), cette absorption massive vient à faire défaut, le niveau de l'eau s'élève brusquement avant que l'enracinement ait eu le temps de s'adapter à cette nouvelle situation. Les arbres qui subsistent sèchent en cime par suite de l'asphyxie des racines et laissent la place à la lande humide à Molinie.

Cette destruction brutale de la forêt, qui n'est pas accompagnée de modification profonde du sol, s'oppose à la dégradation lente qui est liée au phénomène de la podzolisation : on conçoit que l'évolution in-

verse, progressive, le retour à l'état boisé, soit plus aisé dans le premier cas que dans le second. Il suffit de provoquer l'abaissement du plan d'eau, et d'étouffer la Molinie pour que la forêt se réinstalle. Cette réinstallation peut se faire naturellement, mais le plus souvent, il est nécessaire de créer un réseau de drainage, qui devra être soigneusement entretenu, et d'établir des plantations d'une essence particulièrement résistante à l'asphyxie des racines (l'Aune glutineux, par exemple), ce qui aura la double conséquence, d'une part, d'abaisser le niveau de l'eau par succion des racines, d'autre part, de faire disparaître la Molinie par le couvert ainsi créé (1). Une fois ces conditions réalisées, la réintroduction du Chêne sera possible.

III. — Les sols podzoliques

1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS

Les sols podzoliques sont caractérisés par un lessivage plus accentué : le rapport de podzolisation pour l'argile oscille entre 3 et 6. Pour le fer libre, il peut être encore plus élevé et varier entre 4 et 10.

Les caractères essentiels du profil sont les suivants : on rencontre de haut en bas, un horizon A_0 d'humus brut, de 2 à 3 cm. seulement, rarement 5, puis un horizon A_1, d'un gris plus ou moins foncé, pouvant atteindre 15 à 20 cm. En dessous, un horizon A_2, lessivé, très décoloré, mais non cendreux, sa couleur variant du beige clair à l'ocre pâle.

L'horizon B d'accumulation n'est jamais humique, il est enrichi en argile et en oxydes ferriques, ce qui lui donne une couleur rouille plus ou moins vive.

Lorsqu'il existe un horizon de Gley, suivant les cas, celui-ci peut être superficiel et du type α-Gley, ou au contraire, profond, et du type β-Gley, c'est-à-dire situé en-dessous d'un horizon d'accumulation ferrique rouille.

Ces sols podzoliques se rencontrent en général sur des roches-mères assez filtrantes, soit argiles à fortes proportions de cailloux, soit roches-mères sablo-argileuses. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on les trouve sur des roches-mères assez compactes : ils sont alors caractérisés par un α-Gley superficiel.

Les associations que l'on trouve sur ces types de sol appartiennent au groupe de la Chênaie dégradée, en général claire, décrite par Le-

(1) De telles expériences sont en cours, dans la petite forêt de Thou en Puisaye, gérée par l'Ecole des Barres, dans le Loiret.

MÉE, sous le vocable de *Quercetum sessiliflorœ occidentale* [**144**, **145** et **147**]. En sol humide, cette association prend le faciès particulier de la Chênaie claire, à chêne pédonculé dominant, tandis qu'en sol sec, elle est au contraire caractérisée par la présence d'espèces psammophiles et xérophiles.

2° ROCHES-MÈRES ARGILEUSES, PEU CAILLOUTEUSES

Rappelons que ces roches-mères sont caractérisées par une teneur élevée en éléments fins, supérieure à 40 % et pouvant atteindre 60 %, et par une très faible teneur en cailloux.

Les sols sont très superficiels et caractérisés par un horizon α-Gley peu profond (15 à 40 cm.). Ils sont en général peu acides (pH de A_1, 5,5 à 5,8). Le lessivage de l'argile n'est pas très accentué et le rapport de podzolisation ne dépasse pas 3 à 4 : il s'agit donc du type V_2. Le lessivage du fer libre semble encore moins prononcé. Quant au calcium échangeable, sa teneur peut être assez élevée, du même ordre de grandeur que celle des Chênaies à humus doux ; mais on constate un net appauvrissement par lessivage de l'horizon A_1 par rapport à A_2.

Ces types de sols ne seraient pas défavorables à la végétation forestière, si le plan d'eau n'était pas si élevé en périodes humides, ce qui provoque une aération insuffisante et entrave le développement des racines des arbres : celles-ci sont superficielles et se maintiennent au-dessus du niveau de Gley.

a) Association type (Tableau III)

C'est une Chênaie claire, à Chêne pédonculé dominant, dont un certain nombre de caractéristiques trahissent l'humidité du sol ; cette association a été décrite par LEMÉE sous le nom de *Quercetum roboris parisiense* [**144**] ; le Charme est rare, et remplacé souvent par le Tremble ; *Salix atrocinerea* est fréquent. A part *Rhamnus Frangula* et les Ronces, toujours abondantes, la strate arbustive est peu représentée.

Dans la strate herbacée, la flore d'humus doux manque totalement ; on trouve, en dehors des espèces de la Chênaie acidophile, un certain nombre de plantes caractéristiques qui sont favorisées par le caractère argileux peu acide du sol, par le plan d'eau généralement élevé, et enfin la faible densité du couvert : ce sont surtout : *Viburnum Opulus, Deschampsia cæspitosa, Agrostis vulgaris* et *A. alba, Carex pallescens, Convallaria maïalis, Holcus lanatus, Potentilla Tormentilla, Peucedanum gallicum.*

TABLEAU III. — CHÊNAIE CLAIRE EN SOL HUMIDE

Stations	1117	1118	121	122
STRATE ARBORESCENTE				
Quercus sessiliflora	+	2 1	.....	4 3
Q. pedunculata	4 1	+	4 1	+
Populus tremula	2 1	1 1	2 1	1 1
Carpinus Betulus	+	+	.....	.....
Betula verrucosa	.....	+	.....	.....
Salix atrocinerea	+	+	.....	+
S. caprea	.....	+	.....	.....
Sorbus torminalis	1 1	+	.....	.....
CARACTÉRISTIQUES DE L'ASSOCIATION				
Rhamnus Frangula	.....	+	2 1	+
Viburnum Opulus	+	1 3	.....	+
Deschampsia cæspitosa	1 2	3 3	.....	+
Agrostis vulgaris	2 3	+	.....	+
A. alba	.....	2 4	.....	.....
Molinia cærulea	+	.....	+	4 2
Holcus lanatus	+	+	+	.....
Carex pallescens	+	1 1	1 1	.....
Juncus effusus	+	1 2	.....	1 1
J. conglomeratus	+	.....	.....	.....
Convallaria maialis	2 1	3 2	.....	2 1
Genista tinctoria	+	.....	.....	.....
Lotus uliginosus	+	+	.....	.....
Potentilla Tormentilla	2 1	+	1 1	+
Peucedanum gallicum	1 1	1 1	2 1	+
Serratula tinctoria	.....	.....	2 1	.....
Ajuga reptans	+	.....	+	.....
Pulmonaria longifolia	.....	+	.....	.....
Eupatorium cannabinum	.....	+	.....	.....
CARACTÉRISTIQUES DE LA CHÊNAIE ACIDOPHILE				
Holcus mollis	+	.....	.....	.....
Festuca capillata	+	.....	.....	.....
Poa nemoralis	.....	.....	+	.....
Deschampsia flexuosa	.....	+	.....	.....
Luzula Forsteri	+	.....	.....	.....
Carex pilulifera	+	.....	2 1	.....
Orobus tuberosus	.....	+	.....	+
Sarothamnus Scoparius	.....	1 1	.....	.....

Stations	1117	1118	121	122
Hypericum pulchrum	.....	1 1	1 1	.....
Viola sylvatica	1 1	.....	1 1	.....
Fragaria vesca	+	.....	.....	.....
Rubus discolor	3 3	4 5	1 2	3 2
Veronica officinalis	+	+	.....	.....
Melampyrum pratense	1 1	.....	1 1	.....
Teucrium scorodonia	1 1	2 1	.....	1 1
Betonica officinalis	+	2 1	+	.....
Lonicera periclymenum	2 1	3 3	2 1	3 1
Hieracium vulgatum	.....	.....	+	.....
Succisa pratensis	.....	.....	1 1	.....
Reliques de l'état antérieur				
Corylus avellana	+	+	.....	.....
Rosa canina	.....	+	.....	.....

La présence de *Molinia cærulea,* indique un stade de dégradation plus avancé, un état plus clair, et annonce le passage à la lande humide à Molinie avec une faible proportion de Callune; il s'agit ici de l'écotype de Molinie le moins acidophile auquel il a déjà été fait allusion (page 68).

Le Tableau III donne deux exemples de cette association, assez rare sur sol podzolique.

Station 121. — Alluvions, route de Nogent-sur-Vernisson à Gien, à 4 km. de Gien.

Station 122. — Argiles pliocènes. Forêt de Marcenat (Allier). Parcelle D 6.

(Les stations 1117 et 1118 se rapportent à des sols du type lessivé décrits plus haut).

b) Profils types et Analyses (Planches XI et XII, série A, type II)

Le profil est le suivant:

A_1	Très argileux. Brun grisâtre.
———	— 5 à — 10.
A_2 B	Très argileux, jaunâtre à taches rouilles.
———	— 15 à — 30.
G	Gley très compact.

Analyses

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H^2O	Mat. org.	Fer libre	Chaux éch.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 121 :									
A_1	5,8	13,5	17,7	21,6	40	2,8	4,4		
G	6	53,2	8,5	9,5	19,5	9,3	0		
Station 122 :									
A_1	5,6	15,5	32,5	14,4	21,5	2	4,1	0,34	1,0
G	5,8	48,5	21,2	14,3	9,5	6	0,5	0,42	5,2

3° ROCHES-MÈRES ARGILEUSES, RICHES EN CAILLOUX

Ce sont surtout des argiles à chailles et des argiles à silex. Malgré leur teneur souvent élevée de la terre fine en éléments fins (souvent supérieure à 40 %), ces sols sont filtrants, en raison de la grande quantité de cailloux de toute grosseur qu'ils renferment (la proportion de cailloux par rapport àla terre fine est difficile à chiffrer : elle peut atteindre 60 à 70 %) ; c'est une des raisons pour laquelle ces sols ont ainsi tendance à se podzoliser.

Il n'y a en général dans ces sols pas de Gley, ou si le Gley existe, il est très profond (type à β-Gley) et rendu plus perméable par l'abondance des cailloux, il n'a donc qu'une faible influence sur la végétation. L'horizon d'accumulation, toujours plus profond que dans le type précédent (60 cm. de profondeur en moyenne) est donc du type ferrique et caractérisé par sa haute teneur en argile et sa couleur rouille foncée.

L'acidité est forte et le pH de l'horizon A_1 de l'ordre de 4,5, toujours inférieur à 5. Le rapport de podzolisation oscille de 3 à 4 pour l'argile et de 4 à 5 pour le fer libre.

a) Association type (Tableau IV, 123 à 128)

Le type de Forêt que l'on trouve sur ces sols est une Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* et *Deschampsia flexuosa,* étudiée par Lemée sous le nom de *Quercetum sessiliflorœ occidentale* [**144** à **147**]. Dans la strate arborescente, où le Chêne Rouvre domine, le Hêtre peut subsister, mais le Charme ne se rencontre jamais. Le Bouleau (*Betula verrucosa*) apparaît de-ci, de-là, dans les vides. La strate arbustive est presque complètement inexistante ; quant à la strate herbacée, il n'y a évidemment plus trace d'éléments de la flore d'humus doux et les éléments les plus acidophiles, dominent : c'est ainsi que *Pteris Aquilina* et *Deschampsia flexuosa* peuvent former des tapis continus.

Les mousses sont également très abondantes, notamment *Hypnum Schreberi,* qui peut être considérée comme une des caractéristiques de cette association.

En sol particulièrement sec et filtrant, la flore herbacée peut être réduite à l'extrême, et l'on trouve alors un faciès à Mousses où *Leucobryum glaucum* tient une place importante; c'est le cas du relevé suivant pris en forêt de Bercé (Sarthe), dans la parcelle C 3 de la Gaie Mariée:

Quercus sessiliflora	4 3	*Dicranum scoparium*	1 2
Ilex Aquifolium	+	*Thyidium tamariscinum*	1 2
Melampyrum pratense	+	*Polytrichum formosum*	+
Leucobryum glaucum	3 3	*Cladonia sylvatica*	+
Hypnum Schreberi	2 3		

On trouvera dans le Tableau N° IV, les relevés floristiques N° 123 à 127 qui correspondent à ces types de sols et de roches-mères.

Stations 123. — Argile à chailles. Forêt de Montargis (Loiret). Carrière du Gros Vilain.

Station 124. — Quartzite et argiles bariolées du permien. Forêt de Messarges (Allier). Parcelle B 3; sommet de la pente.

Station 125. — Forêt de Messarges (Allier). Même parcelle; milieu de la pente.

Station 126. — Forêt de Messarges. Même parcelle; bas de la pente.

Station 127. — Argile à silex. Forêt de Blois (Loir-et-Cher). Parcelle N° 37 des Héronnières.

Station 128. — Même sol, même forêt; parcelle 25; canton des Sablonnières.

b) Profils types et analyses (Planches XI et XII, série B, type III)

Le profil typique est le suivant: Station 123.

A_0	Humus brut.
	— 3.
A_1	Horizon non humifère sableux à nombreux silex.
	— 12.
A_2	Gris clair sableux à nombreux silex roulés.
	— 37.
A_3	Beige clair sableux à nombreux silex.
	— 60.
B	Rouille, plus argileux à nombreux silex.

Stations	123	124	125	126	127	128
STRATE ARBORESCENTE						
Quercus pedunculata		4 3	+			
Q. sessiliflora	4 3		3 3	4 3	2 1	4 4
Q. Toza						
Fagus sylvatica	3 2	1 1				
Betula verrucosa		+				
CARACTÉRISTIQUES						
Deschampsia flexuosa	3 2	3 5	4 4	2 2	4 3	1 1
Pteris Aquilina	1 1	2 5	2 3	4 5		2 1
Hypnum Schreberi	1 3	2 1	4 5		2 3	
Scleropodium purum						1 1
Leucobryum glaucum					1 1	+
Polytrichum formosum	2 3		+	+		
P. juniperinum		+		+		
Dicranum scoparium	2 3			+		+
Cladonia sylvatica	+					
CARACTÉRISTIQUES DU STADE ULTÉRIEUR						
Calluna vulgaris				2 4	2 1	2 3
Erica cinerea						
Erica scoparia						
Molinia cœrulea						
Danthonia decumbens					+	
CARACTÉRISTIQUES DE LA CHÊNAIE ACIDOPHILE						
Ilex Aquifolium		1 1				
Ruscus aculeatus						
Carex pilulifera		+		+		
Luzula Forsteri						
Rubus fruticosus	1 2	3 2	2 1			
Sarothamnus scoparius		1 1	+		+	
Hypericum pulchrum	+	+			+	
Lonicera periclymenum		2 1		2 1	+	
Veronica officinalis					+	
Melampyrum pratense	2 1		+		1 1	
Digitalis purpurea		+				
Betonica hirsuta					+	
Teucrium Scorodonia		+	1 1	+	2 1	+
Hylocomium splendens						
Stereodon cupressiforme				+		
Thyidium Tamariscinum				+		
Brachythecium albicans						
SEMIS						
Fagus sylvatica						
Quercus sessiliflora			2 1			

1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217
+	.....	.....	.....	.....	.....	2 1	.....	4 2
3 4	4 4	.....	.....	1 1	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4 4	.....
.....	.....	4 4	3 2	+	5 4	.....	.....	.....
.....	+	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
4 3	5 4	2 2	4 4	3 2	.....	4 3	.....	.....
3 3	2 2	3 4	3 3	1 1	5 5	3 2	.....	.....
2 3	.....	.....	.....	.....	5 5	3 3	.....	.....
1 3	+	.....	+	.....	.....	.....	+	+
+	.....	.....	.....	.....	1 2	.....	2 2	3 1
+	.....	1 2	+	.....	+	.....	+	+
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....
.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	1 2	1 2
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
+	.....	.....	2 1	3 2	.....	2 3	.....	.....
+	.....	.....	1 3	2 2	.....	.....	.....	.....
+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3 2	2 2	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	1 2
.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	+
.....	.....	2 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1 1	+	1 1	2 1	2 1	.....	1 1	+	+
.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	+
.....	.....	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
.....	+	1 1	1 1	2 1	.....	2 1	1 1	1 2
.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	+
.....	.....	1 2	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1 1	2 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Les stations 124, 125, 127, présentent un profil analogue.

Notons la subdivision de l'horizon lessivé en A_2 et A_3 qui indique un lessivage plus intense à la partie supérieure sous l'action des acides humiques et annonce l'horizon cendreux du podzol typique.

Le profil de la station 126 est un peu différent; il est intéressant de le comparer au profil N° 124 (même parcelle, mais en haut de la pente): alors que l'horizon B du profil 124 est ferrugineux et très riche en cailloux (90 à 95%), l'horizon B du profil 126 est beaucoup plus pauvre en cailloux (20 à 25 %) et prend l'aspect d'un Gley. C'est en raison de la pente encore sensible en cet endroit qu'on ne trouve pas l'association plus humide décrite ci-dessus. Le profil 125 a des caractères intermédiaires.

Quant au profil 128, il ne présente pas la subdivision en A_2 et A_3. L'horizon A_0 atteint 10 cm., d'où la forte acidité en surface.

Analyses. — Sols de la Chênaie dégradée (type argilo-caillouteux).

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Fer libre	Chaux éch.
Station 123:									
A_1	4,7	10,2	17,8	24,1	40,7	1,4	5,8	0,14	0,5
A_3	5,6	10,4	16	26,2	45,5	0,9	1,0	0,10	0,4
B	5,7	40	15	18,2	21	5,2	0,6	0,67	2,3
Station 124:									
A_1	4,6	15,3	35,7	14,9	18,4	3,6	12,1		
B	5,4	17,4	17,1	13,3	48,0	2,0	1,8		
Station 126:									
A_2	5,5	11,8	22,5	21,6	39,5	1,5	3,1		
B	5,8	60,6	27,2	5,2	2,2	4,8	0		
Station 128:									
A_1	4	(*)	(*)	(*)	(*)	3,9	20,3	0,17	
A_2	5	12,5	20,0	29,1	35,2	0,8	2,4	0,20	
B	5,2	53,8	18,3	11,7	7,0	7,4	1,8	0,50	

* Non dosés.

Les anomalies apparentes des profils et des analyses des sols des stations 124 et 126, notamment en ce qui concerne la teneur en argile des horizons B s'expliquent par le phénomène du lessivage oblique

qui sera étudié ultérieurement (voir chap. II) ; l'argile a été entraînée par les eaux, depuis le sommet (124) jusqu'au pas de la pente (126).

Il est intéressant de comparer ces types de sols à celui étudié par AUBERT et DUCHAUFOUR, sur les argiles à silex du coupon 5 du domaine d'Harcourt dans l'Eure [22].

4° ROCHES-MÈRES SABLO-ARGILEUSES (SOLS PODZOLIQUES A GLEY)

Il s'agit surtout des sables et argiles de l'Orléanais et de la Sologne ou des argiles à silex, particulièrement riches en sables, mais pauvres en cailloux (certains cantons des forêts de Bercé, et de Montargis).

La teneur moyenne en éléments fins est inférieure à 40, en général même à 35.

Les types de sols qui prennent naissance sur ces roches-mères sont caractérisés par l'aspect et la composition bien différents des deux horizons A et B : l'horizon A, lessivé, est essentiellement sableux, par suite de l'enlèvement de l'argile par lessivage ; au contraire, l'horizon d'accumulation enrichi en argile devient compact et prend l'aspect d'un Gley caractéristique.

Comme dans le cas précédent, l'horizon A se subdivise fréquemment en trois sous-horizons, A_1 humifère, A_2 presque cendreux, et A_3 jaune pâle ou beige ; quant à l'horizon d'accumulation, il est du type β-Gley le plus souvent, c'est-à-dire que le Gley proprement dit est surmonté d'un niveau à taches rouilles presque confluentes (horizon B - ferrique).

Ces sols sont parfois moins acides que ceux du type précédent. Le pH, très variable, oscille entre 4 et 5,5 pour l'horizon A_1 ; le rapport de podzolisation pour l'argile oscille entre 3 et 6 (en général il est supérieur à 4) et pour le fer libre entre 4 et 10. Ces sols appartiennent donc surtout à la catégorie V_1.

a) LES ASSOCIATIONS TYPES

1er type : La Chênaie acidophile

L'association qu'on peut considérer comme primitive sur ces sols, la Chênaie acidophile, est très rare et elle a presque partout disparu, notamment en Sologne. Il en subsiste quelques reliques, dont on peut donner l'exemple suivant, pris en Sologne : Bois de Favelles, près du Château de Favelles.

Quercus pedunculata	5 1	*Carex pilulifera*	+
Betula verrucosa	+	*Luzula multiflora*	+
Castanea vulgaris	+	*Potentilla Tormentilla*	+
Rubus glandulosus	2 2	*Viola sylvatica*	+
Viburnum lantana	+	*Teucrium scorodonia*	+
Lonicera periclymenum	3 1	*Hypnum purum*	+
Holcus mollis	2 2	*H. cupressiforme*	+
Holcus lanatus	+	*Thyidium philiberti*	+
Poa nemoralis	+	*Polytrichum formosum*	+

On trouve également quelques stades d'évolution dont la composition floristique ne peut s'expliquer que par la dynamique des associations : ainsi, dans la forêt de Montargis, parcelle 76, série Ouest, sur un sol podzolique sableux, dont le pH de l'horizon A_1 est de 4,2, on trouve, sous une strate arborescente de Chêne rouvre et de Charme, un tapis continu de *Deschampsia flexuosa* (4-5) et *Hypnum Schreberi* (5-5). Dans de telles conditions, la présence du Charme ne peut s'expliquer que par son installation ancienne sur un sol encore non acidifié, et son maintien par l'homme grâce au traitement en taillis, alors que le sol était en voie rapide d'acidification et de podzolisation.

Un autre exemple prouve l'évolution extrêmement rapide de ces sols à forte proportion de sables, surtout en climat humide : il s'agit de la forêt de Bourse (près de Ménil-Brout), dans l'Orne. Dans le canton de la Boyère, on trouve encore du Charme, accompagné de Ronce, de Noisetier, d'Aubépine, de Rosier, et d'*Anemone nemorosa* dans le tapis herbacé. Or, le sol, quoique du type simplement lessivé (rapport de podzolisation = 2), est fortement acidifié en surface ; on trouve un horizon A_0 de 3 à 4 cm. d'épaisseur, et le pH de A_1 est de 4,4.

Dans le canton des Hauts-Faits (même forêt), l'évolution du sol et de la végétation a atteint un stade plus avancé : la vieille futaie de Chêne témoigne d'un état antérieur favorable à la croissance des chênes, mais le Charme a disparu ainsi que tout mort-bois en sous-étage, et le sol est couvert de *Vaccinium Myrtillus* et de *Pteris Aquilina*. L'analyse indique un sol fortement podzolique (rapport de podzolisation de 8) avec une acidification très accentuée en surface : l'horizon A_0 a 10 à 15 cm. d'épaisseur et le pH de A_1 est de 4,2. Dans des cas de dégradation aussi rapide de peuplements et de sols, l'étude simplement statique ne permet pas de classer les associations et les profils de manière précise : la concordance entre la flore et le sol est quelque peu troublée.

2e type: La Chênaie dégradée à Pteris Aquilina et Deschampsia flexuosa (Tableau IV - 129 à 1217)

L'association actuelle la plus fréquente sur ces sols est la Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* et *Deschampsia flexuosa,* décrite ci-dessus. Son aspect et sa composition floristique sont les mêmes que sur les sols du type précédent sauf que *Hypnum Schreberi* y est peut-être moins constant. On y trouve parfois des éléments qui indiquent un état de dégradation plus avancé, et qui annoncent l'association suivante, tels que *Calluna vulgaris* et *Erica cinerea.*

Le tableau IV donne les principaux relevés (129 à 1217).

Station 129. — Sable et argile de Sologne. Forêt de Boulogne (Loir-et-Cher). Canton Bois Bury. Parcelle 12 D 4, 4e série.

Station 1210. — Même sol. Forêt de Boulogne. La Grande Brèche. Parcelle 8 B 3, 4e série.

Station 1211. — Argiles à silex, sablonneuses. Forêt de Montargis (Loiret). Parcelle 81, série Ouest.

Station 1212. — Même sol, Forêt de Montargis. Carrefour du Renard. Parcelle 72, série Ouest.

Station 1213. — Même sol, même forêt. Parcelle 54, série Ouest.

Station 1214. — Même type de sol. Forêt de Bercé (Sarthe). Parcelle D 5 du Saut Moulin.

Station 1215. — Sables et argiles de Sologne. Commune de Souesme, au voisinage de la Sauldre.

Sur les sols particulièrement secs, à Gley et à plans d'eau profonds, on trouve un faciès à mousses, dont l'espèce dominante est *Leucobryum glaucum,* identique à ceux décrits ci-dessus.

Parmi les relevés faits, ceux des stations 1216 et 1217 sont typiques.

Station 1216. — Sables et argiles de Sologne « Les Rhuets », à 1.500 m. au Nord du village de Vouzon (route de Menestreau).

Station 1217. — Sables et argiles de Sologne, près de l'étang de Marsilly.

3e type: La Chênaie dégradée à Bouleau et à Callune (Tableau V - 1218 à 1230)

Cette association que l'on peut comparer au *Querceto Betuletum* de Tuxen [222-223] et d'Etter [82], représente un stade de transi-

tion entre l'association précédente et la lande. La forêt est moins dense, le sol plus éclairé. Le Bouleau (*Betula verrucosa*) et la Callune (*Calluna vulgaris*) s'installent, favorisés par la lumière. La strate arborescente est très clairsemée, la strate arbustive a complètement disparu. Sur le sol on trouve les Ericacées, *Molinia cærulea* (écotype le plus acidophile) et parfois *Pteris Aquilina* et *Deschampsia flexuosa;* ces deux espèces, reliques de l'état antérieur, sont en voie de régression.

Enfin, les plantes de la Chênaie acidophile rappellent l'association primitive.

Cette association présente deux faciès distincts, suivant que le sol est plus ou moins drainé. Le faciès le plus sec est caractérisé par la présence d'*Erica cinerea* et l'absence ou la rareté de la *Molinie* (stations 1218 à 1222). Dans le faciès le plus humide au contraire, *Molinia cærulea* remplace *Erica cinerea* (stations 1223 à 1230).

Quant à *Erica Scoparia,* elle est plus fréquente dans les stations humides, mais n'existe qu'à l'ouest de la ligne Orléans-Vierzon.

Ces associations sont en voie d'évolution vers la lande: A ce propos, il est à présumer que bien souvent, même les types les plus secs à *Erica cinerea,* se transformeront par la suite en un type de landes humides: l'horizon d'accumulation en argile ne peut aller qu'en s'imperméabilisant, au fur et à mesure que le lessivage augmentera et surtout le plan d'eau est destiné à remonter, lorsque disparaîtront les derniers vestiges de la strate arborescente; cela est particulièrement vrai pour le relevé 1222, dans lequel les arbres recouvrent encore une surface importante; la Molinie et *Erica Scoparia* sont présentes et ne peuvent que prendre un développement croissant, alors que *Erica cinerea* est appelé à disparaître.

Au contraire, les relevés 1223 et 1228, trahissent une évolution particulièrement rapide par suite de l'enlèvement brutal de la strate arborescente. Ce sont déjà de véritables landes humides, à proportion de Molinie particulièrement forte; les plantes reliques de la Chênaie acidophile ont presque complètement disparu.

Principaux relevés du Tableau V:

Station 1218. — Sables et Argiles de l'Orléanais. Forêt d'Orléans (Loiret). Parcelle J IV 5, près du Carrefour de l'Inspecteur.

Station 1219. — Argiles à silex. Forêt de Montargis. Parcelle 28, série Ouest (partie récemment incendiée).

Station 1220. — Sables du Cénomanien, près de Mulsanne (Perche).

Station 1221. — Sables et argiles de Sologne, « Les Rhuets », à 1.500 m. au Nord de Vouzon, route de Menestreau en Sologne.
Station 1222. — Sables et argiles de Sologne. Forêt de Boulogne (Loir-et-Cher). Canton Maisons-Neuves. Parcelle 5 B 2, 3e série.
Station 1223. — Sables et argiles de l'Orléanais. Forêt d'Orléans série d'Ouzouer. Parcelle D1, 6.
Station 1224. — Même sol et même forêt. Série de Dampierre. Parcelle V_1. Carrefour de la Fontaine aux Loups.
Station 1225. — Argiles à silex. Forêt de Montargis. Parcelle 28, série Ouest.
Station 1226. — Sables et argiles de Sologne. Forêt domaniale de Lamotte-Beuvron (Loir-et-Cher). Canton de Chardon, près de Vouzon.
Station 1227. — Sables et argiles de Sologne. Forêt de Chaon-en-Sologne.
Station 1228. — Sables et argiles de la Sologne. Parc de Chambord (Loir-et-Cher), La Chapelle du Périon.
Station 1229. — Parc de Chambord; canton La Motte de Vienne.
Station 1230. — Argiles à silex. Forêt de Bercé (Sarthe). Carrière des Forges. Parcelle A 4, 7e série.

b) Profils types et analyses (Planches XI et XII, série C, type III)

Le profil type pour la première association présente les caractères suivants : l'horizon A_0 est très peu épais, et l'horizon A_1, de couleur gris clair, ne dépasse pas 20 cm. d'épaisseur.

A_0	Humus brut.
— 2 à — 5.	
A_1	Horizon sableux gris.
— 10 à — 20.	
A_2	Sablonneux, jaune pâle.
— 40 à — 50.	
B_1	Sableux plus compact, à taches rouilles plus ou moins confluentes.
— 80 à — 100.	
B_2	Horizon de Gley, argileux très compact.
G C	Gley progressivement plus sableux (roche-mère).

TABLEAU V. — CHÊNAIE DÉGRADÉE A BOULEAU ET A CALLUNE

Stations	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1299	1230
STRATE ARBORESCENTE													
Quercus pedunculata	1 1				1 1								
Q. sessiliflora	1 1	1 1			3 3		1 1	3 3			+	1 1	1 1
Q. Toza									3 1				
Fagus sylvatica								2 3					1 1
Betula verrucosa	1 1	2 3	1 1	1 1	1 1		1 1	2 3	1 1	1 2	1 1	+	
Salix atrocinerea								2 1					
Sorbus torminalis					+								
CARACTÉRISTIQUES													
Rhamnus Frangula					3 2		3 1	+					+
Calluna vulgaris	4 5	4 5	2 2	4 4	3 4	4 4	5 5	2 2	3 3	3 4	2 3	4 5	3 4
Erica cinerea	+	1 1	2 2	1 1	1 1				+				
(E. Scoparia)					3 2				+		3 3	3 3	
Danthonia decumbens		2 2			+				2 3				
Molinia cœrulea					+	4 5	1 2	3 2	3 2	1 3	4 3	1 2	4 4
Ulex nanus					1 1						+		
Gentiana pneumonanthe											+		
Hypnum Schreberi				4 4				4 4					+
Cladonia sylvatica			1 2										
RELIQUES DU STADE													

Deschampsia flexuosa	1 1	3 3	.....	.....	1 1	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Leucobryum glaucum	.....	.....	.....	.....	2 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1 2
Dicranum Scoparium	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	+
Caractéristiques de la Chênaie acidophile													
Ilex Aquifolium	.....	.....	.....	.....	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+
Ruscus aculeatus	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sarathamnus scoparius	1 1	+	+	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Festuca capillata	.....	2 2	.....	.....	.....	.....	.....	2 1	+	.....	.....	.....	.....
Fragaria vesca	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
Rubus fruticosus	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	+	.....	.....	.....
Hypericum pulchrum	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Peucedanum gallicum	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	1 1	.....	.....	.....	+	.....
Carex pilulifera	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+
Lonicera periclymenum	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	2 1	+	+	+	.....	+
Melampyrum pratense	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1 1
Veronica officinalis	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
Teucrium Scorodonia	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	1 1	1 1	.....	.....	.....
Betonica hirsuta	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Scabiosa succisa	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Solidago virga-aurea	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Thyidium Tamariscinum ...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+
Rhytidiadelphus triqueter ..	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Quercus sessiliflora (semis) .	.....	.....	1 1	.....	.....	3 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

N.-B. — Les stations 1217, 1223, 1229, sont caractérisées par un étage dominant, clairsemé de pin sylvestre ; pour la station 1222, on trouve au voisinage du relevé des bouquets de pins sylvestres, de 2 à 3 mètres de haut (semis naturels) qui ont fait disparaître les bruyères et favorisé l'apparition de semis de chênes. Le Pin sylvestre ayant été introduit, ne figure pas sur les relevés.

Les variations dans le profil sont plus importantes pour les sols portant la Chênaie dégradée à Callune : En effet, ces sols sont en voie de podzolisation rapide sous l'action des Bruyères ; le lessivage est plus accentué, les horizons humifères A_0 et A_1 sont plus épais, plus foncés et plus acides (pH inférieur à 5 pour A_1) ; l'horizon A_2 est souvent presque cendreux, au moins à sa partie supérieure. Certains de ces sols font transition entre le sol podzolique et le podzol typique ; C'est le cas des stations N° 1222 (1) et 1224, pour lesquelles le profil est le suivant :

A_0	Humus brut.
	— 5 à — 10.
A_1	Sableux gris foncé humifère.
	— 25 à — 35.
A_2	Sableux presque cendreux, grisâtre.
	— 55.
B_1	Horizon plus compact à nombreuses taches rouilles.
	— 80 à — 100.
B_2 G	Gley.
G C	

Les analyses de certains sols ont donné les résultats suivants :

Sols de la Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* et *Deschampsia flexuosa.*

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Fer libre	Chaux éch.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 129 :									
A_2	5,4	5,8	10	28,4	54	0,5	1,3	(*)	1,8
Gley	5,4	31,3	23,5	15,7	22,7	5,3	1,5	(*)	9,5
Station 1211 :									
A_1	5	4,6	6,6	31,8	56,2	0,6	1,3	(*)	
	5,2	3,6	7,0	28,3	59,8	0,3	0,5	(*)	
B	5,8	21,2	8,4	23,5	44,4	2,5	0,4	(*)	

(Ce profil ne comporte pas de Gley, l'horizon B reposant directement sur la craie sénonienne).

* Non dosé.

(1) L'analyse montre pour ce profil un rapport de podzolisation fer très élevé, voisin de 10.

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H^2O	Mat. org.	Fer libre
Station 1212:								
A_1	5,2	4,8	5,7	22,2	64,7	0,6	2,0	0,15
A_2	5,6	4,8	9,2	22,7	63	0,3	0	0,08
B_1	5,8	5,5	7,5	34,1	49,2	2,0	1,7	0,60
G	Non analysé.							
Station 1216:								
A_1	5,4	2,8	5,0	26,7	60,3	0,4	4,8	0,05
A_2	Non analysé.							
B	5,7	16,8	5,0	19,0	57,1	1,8	0,3	0,50

Le Gley, très profond dans ce profil, n'a pas été prélevé.

Sols de la Chênaie dégradée à Bouleau et Callune.

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross	H^2O	Mat. org.	Fer libre	Chaux éch.
Station 1218:									
A_1	4,6	Non analysé.							
A_2	4,8	5,5	8,5	42,0	44,0	0,2	0,8		
G	5,4	25,5	2,5	31,0	38,0	2,6	0		
Station 1219:									
A_1	5	5,9	8,6	31,4	49,1	0,9	1,8		
A_2	5,4	4,6	11,2	33,2	50,5	0,3	0,2		
Gley	5,8	23,4	5,7	28,0	40,3	2,5	0,3		

(N.-B.). — Le pH de A_1 est anormalement élevé à la suite d'un incendie récent. La teneur en matière organique est faible pour la même raison).

Station 1222:									
A_1 (sommet)	4,7	6,7	7,2	25,1	56,0	1,0	4,0	0,06	
A_1 (base) ..	5,4	5,7	8,7	26,3	57,0	0,6	1,7	0,06	
A_2	5,6	4,5	10,0	27,6	57,0	0,4	0,5	0,15	
B_1 ..... (au contact du (Gley).	5,6	27,7	9,0	19,3	39,0	4,0	1,0	0,59	
Station 1223:									
A_1	4,6	7,1	11,6	19,9	49,6	1,8	10,0	0,10	0,5
A_2	5,5	6,7	10,2	20,4	61,0	0,6	1,1	0,17	0,4
G	5,5	35,2	13,0	20,4	27,0	4,4	0	0,39	9,8
Station 1224:									
A_1	4,1	6,5	12,5	23,9	51,7	1,1	4,3		
A_2	5,3	11,5	12,0	27,8	47,2	0,9	0,6		
G	5,5	20	16,7	23,3	37,5	2,0	0,5		

Si nous comparons ces analyses nous constatons que celles du premier tableau indiquent dans l'ensemble une teneur en matière organique moins élevée dans l'horizon A_1, que celles du second tableau. De plus, le pH de ce même horizon est supérieur à 5 dans le premier cas et inférieur à 5 dans le second cas, ce qui traduit un lessivage de plus en plus accentué de la chaux échangeable.

Ces constatations sont conformes à ce qu'on pouvait prévoir. L'examen des rapports de podzolisation indique que très rapidement le sol peut passer au type V_1, même pour la première association.

D'autre part, on constate que la somme des éléments fins de l'horizon d'accumulation des sols N° 1218 et 1219 (dont l'association appartient au faciès le plus sec), est respectivement 28 et 29, alors que la somme des éléments fins de l'horizon d'accumulation des sols N° 1223 et 1224 (à faciès le plus humide), atteint respectivement 48 et 37. Pour la station N° 1222 on trouve le chiffre 36. Mais nous avons vu que l'association est destinée à évoluer rapidement vers un type humide.

5° ROCHES-MERES SABLEUSES

Ces roches-mères sont caractérisées par leur très faible teneur en éléments fins, limons et argiles (en général inférieure à 15 %). Ce sont surtout les sables de Fontainebleau, et les sables de Sologne, dans les parties les moins argileuses. Ces sols sont très profonds et leur profil est très homogène. On trouve le plus souvent un faible horizon d'accumulation en oxyde ferrique, peu visible, diffus, à une profondeur de 0 m. 80 à 1 m. et constitué par des bandes horizontales successives, mais il arrive qu'on n'observe aucune accumulation d'argile dont la teneur décroît régulièrement avec la profondeur. Aaltonen a fait la même observation pour les sols très sableux en Finlande [1 à 3] ; ce fait caractéristique de ces types de sol s'explique par la grande profondeur de la nappe phréatique et par l'absence de remontée des eaux capillaires (sols à accumulation diffuse).

Dans certains cas au contraire, il existe un horizon de Gley, à une profondeur relativement considérable, toujours supérieure à 1 m. 50. Ce niveau imperméable coïncide avec une nappe d'eau, qui ne peut avoir d'influence sur la végétation superficielle, mais peut provoquer dans certains cas la constitution d'un horizon d'accumulation d'argile très net, à la limite de remontée des eaux capillaires.

a) Associations types (Tableau VI)

L'association forestière caractéristique est une Chênaie dégradée, très claire, caractérisée par la présence de nombreuses espèces psam-

mophiles. Le type est donné par le relevé N° 1233, dans lequel on voit ensemble des éléments très xérophiles localisés surtout dans l'intervalle des cépées, tels que *Cladonia sylvatica, Helianthemum guttatum* et d'autres espèces du *Corynephoretum,* et des éléments de la Chênaie acidophile, qui, cherchant la fraîcheur, se localisent au pied des cépées. Le Chêne qui subsiste le plus longtemps est le Chêne pédonculé, favorisé par rapport au Rouvre, par la forte insolation et la grande luminosité. Georges a déjà fait observer que le Chêne pédonculé, tout exigeant en humidité qu'il soit, colonise fréquemment les forêts claires en voie de dégradation en stations sèches [**103**]. Le Bouleau est aussi généralement présent.

La culture est fréquemment pratiquée sur ces sols de forêt en voie de dégradation, surtout en Sologne ; les sols sont ainsi cultivés après l'abatage des derniers arbres, pendant quelques années, puis laissés en friches. Ces cultures abandonnées sont un terrain d'élection pour le *Corynephoretum,* association constituée en majeure partie d'espèces annuelles, occupatrices de places vides sur les sols secs et siliceux. Comme l'ont constaté Ducet, Guérillot et Guyot [**68**], les principales espèces de cette association ne sont que faiblement acidophiles, elles cèdent la place à d'autres espèces quand le pH diminue.

Un exemple typique de cette association est le relevé suivant, fait en Sologne, au voisinage de l'étang de Marsilly (Planche II).

Corynephorus canescens	2 2	*Hypochæris glabra*	+
Mibora minima	2 1	*Filago minima*	2 1
Aira præcox	1 1	*Polytrichum juniperinum*	2 2
Festuca capillata	+	*P. piliferum*	2 2
Jasione montana	1 2	*Rhacomitrium canescens*	3 2
Helianthemum guttatum	2 1	*Cladonia furcata*	+
Teesdalia nudicaulis	1 1	*C. rangiferina*	+
Rumex acetosella	2 1		

Le relevé N° 1231 du Tableau VI constitue un autre exemple de *Corynephoretum* après culture.

Mais l'envahissement de ces sols par les Ericacées, et l'évolution de ces associations, Chênaie xérophile ou *Corynephoretum,* vers une lande sèche à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* est extrêmement rapide. Le relevé N° 1234 montre un stade intermédiaire, dans lequel on voit régresser les psammophiles, *Helianthemum Alyssoides, Rumex acetosella,* etc..., devant l'invasion par la Callune qui est en voie d'extension très nette.

Les relevés N° 1235 et 1236 montrent des cas d'évolution vers la lande plus avancée encore. Les bruyères dominent, les espèces du

Corynephoretum et les éléments de la Chênaie acidophile ne subsistent plus qu'à l'état de reliques. Dans la station 1235, *Cladonia sylvatica* a déjà été éliminé et dans la station 1236 il n'occupe plus qu'une faible surface de terrain. Cependant, l'installation sur ces sols des bruyères est encore trop récente, pour qu'elles aient pu avoir une influence marquée sur l'aspect du profil.

Principaux relevés et profils étudiés (Tableau VI) :

Station 1231. — Sables de Sologne. *Corynephoretum*. La Raimbaudière, à 2 km. de Souesmes sur la route de Menetréol.

Station 1232. — Sables de la Sologne « Les Vallées », route de Chaon à Lamotte-Beuvron.

Station 1233. — Argiles à silex. Forêt de Vouzeron. Carrefour de l'Allée Neuve.

Station 1234. — Sables de Sologne. Menetréol, carrière sur la route allant à Neuvy sur Barangeon.

Station 1235. — Sables de Sologne. Landes de la région de Brinon.

Station 1236. — Sables de Sologne. Route de Chaon à Lamotte-Beuvron.

Station 1237. — Sables de Fontainebleau. Forêt de Fontainebleau. canton du Bas-Bréhaut (bas-fond).

b) Profils et analyses (Planches XIII et XIV, série A, type II)

C'est le profil à horizon d'accumulation diffus qui caractérise la plupart des stations étudiées :

A_0	
	— 1 ou — 2.
A_1	Sableux grisâtre humifère.
	— 20.
A_2	Sableux jaunâtre.
	— 80 à — 100.
B	Bandes horizontales rouilles, peu marquées, un peu plus compactes, sur fond sableux jaunâtre.

Très souvent ces bandes ne sont même pas visibles et on n'observe qu'une teinte générale un peu plus foncée en profondeur.

Tableau VI. —

Chênaie xérophile a psammophiles

Stations	1231	1232	1233	1234	1235	1236
Strate arborescente						
Q. pedunculata	.....	.....	2 1	.....	.....	.....
Betula verrucosa	.....	2 1	+	.....	.....	+
Psammophiles caractéristiques						
Corynephorus canescens	3 2	.....	.....	1 1	+	.....
Aira præcox	+	.....	.....	.....	.....	+
Helianthemum guttatum	.....	+	2 1	.....	+	.....
H. Alyssoïdes	.....	.....	.....	2 3	.....	.....
Rumex acetosella	2 1	1 1	+	2 2	.....	1 1
Plantago carinata	.....	.....	.....	.....	+	.....
Arenaria montana	.....	.....	.....	2 2	.....	+
Astrocarpus Clusii	+	.....	.....	+	.....	.....
Jasione montana	1 2	.....	.....	.....	.....	.....
Teesdalia nudicaulis	+	.....	.....	.....	.....	+
Filago minima	1 1	.....	.....	.....	.....	.....
Thymus serpyllum	2 1	.....	.....	.....	.....	.....
Rhacomitrium canescens	.....	.....	.....	2 1	1 2	.....
Cladonia sylvatica	1 1	5 5	5 5	3 3	.....	2 2
C. furcata	+	.....	.....	.....	.....	+
Caractéristiques de la Chênaie acidophile						
Holcus mollis	.....	.....	+	.....	.....	.....
Deschampsia flexuosa	.....	1 1	1 2	.....	.....	.....
Sarothamnus scoparius	.....	.....	+	.....	.....	.....
Lonicera Periclymenum	.....	.....	1 1	.....	.....	.....
Viola sylvatica	.....	.....	.....	.....	.....	+
Veronica officinalis	.....	.....	+	.....	.....	+
Teucrium scorodonia	.....	.....	1 1	.....	.....	+
Dicranum scoparium	+	.....	.....	.....	.....	+
Caractéristiques du stade ultérieur						
Calluna vulgaris	.....	.....	.....	3 3	3 2	+
Erica cinerea	.....	.....	.....	+	.....	4 4
E. Scoparia	.....	.....	.....	.....	.....	1 2
Hypnum schreberi	.....	.....	.....	.....	.....	+

PLANCHE III

SECTEUR LIGÉRIEN

Sols podzoliques

FIG. 6

Lande jeune à *Erica cinerea* (Sologne - Ménétréol, station 1234).
Cliché Linguet.

FIG. 7

Chênaie dégradée à *Cladonia sylvatica* (Vouzeron - station 1233).
Cliché Linguet.

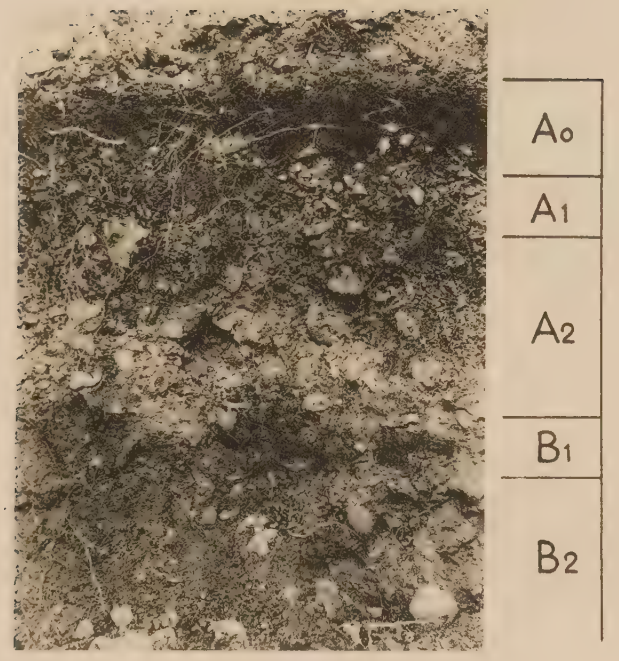
FIG. 8

Lande à *Helianthemum Alyssoides* (Sologne - Ménétréol, station 1234).
Cliché Linguet.

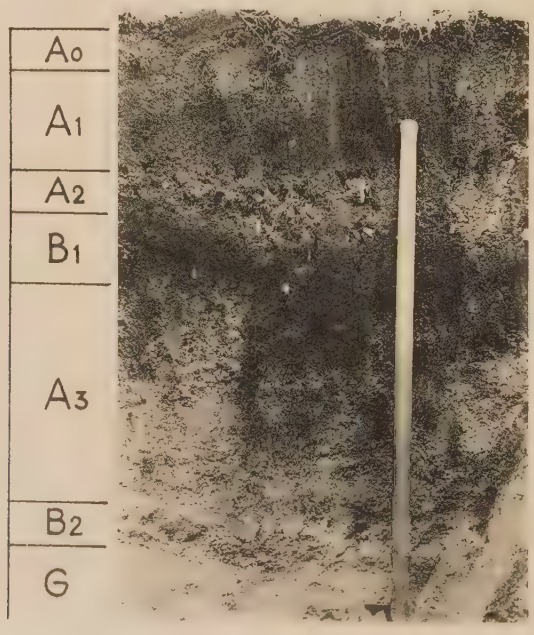
6

7

8



9



10

PLANCHE IV

SECTEUR LIGÉRIEN

Podzols

FIG. 9

Podzol humo-ferrugineux (forêt de Montargis - station 136).
Densité maxima de racines dans les horizons A_0 et A_1.
Cliché Duchaufour.

FIG. 10

Podzol humique à alios (B_1).
(Sologne - route de Pierrefite à Souesmes, station 1321).
Cliché Duchaufour.

La station 1237, prise en forêt de Fontainebleau, nous fournira l'exemple d'un horizon illuvial plus visible, montrant une accumulation en argile très nette (voir analyse ci-dessous). Ce sol se trouvant dans un fond, il est probable que c'est l'existence d'un plan d'eau à une profondeur moyenne qui a provoqué la floculation des colloïdes argileux à un niveau supérieur.

A_1	Sableux humifère, gris clair.
— 30.	
A_2	Sableux blanchâtre.
— 90.	
B	Sableux un peu plus argileux de couleur rouille.

Grâce à l'introduction massive de hêtres en sous-étage, sous la vieille futaie de Chênes, qui a été pratiquée par le Service forestier dans cette station, le sol et le peuplement ont été maintenus en bon état relatif, bien que la croissance soit évidemment lente. En raison du couvert très dense, la végétation herbacée et arbustive est complètement absente; aucune Ericacée n'a pu s'installer.

Les analyses ont donné les résultats suivants:

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H^2O	Mat. org.	Fer libre
	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 1231:								
A_1	5,2	2,2	2,5	17,4	76	0,4	1,5	0,20
B	6,2	1,5	0,5	18,3	79,5	0,1	0,1	0,15
C	6,5	1	0,8	25,5	72,5	0	0,2	0,25
Station 1232:								
A_1	5,4	1,3	0,8	4,5	90,0	0,1	3,3	
B_1	6	2,0	3,5	7,5	86,5	0,2	0,3	
B_2	5,9	2,0	1,5	4,0	92,0	0,2	0,3	
Station 1237:								
A_1	4,3	2,1	1,3	72,0	22,0	0,9	1,7	0,03
A_2	5,8	0,7	1,3	72,7	25,0	0,1	0,2	0,03
B	5,5	4,8	5,7	83,6	3,5	1,1	1,3	0,20

On constate que ce n'est que pour le sol de la station 1237 qu'on observe un véritable horizon d'accumulation, avec augmentation nette du taux d'argile, de matière organique, et surtout de fer libre.

Pour le premier type, seule une élévation légère de la teneur en fer libre est à noter dans l'horizon B, par rapport à l'horizon A_2.

IV. — Les Podzols

1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS

C'est surtout par l'importance des horizons humifères A_0 et A_1, et par la couleur nettement cendreuse, parfois grise, de l'horizon lessivé A_2 que l'on différencie les podzols. L'horizon A_0 d'humus brut peut atteindre 15 et même 20 cm. et l'horizon A_1 peut prendre un développement encore plus grand.

On n'observe jamais, dans le secteur ligérien, de podzols caractérisés sur roches-mères argileuses (il s'agit alors d'un type spécial, évoluant vers le type tourbeux, très riche en matière organique, à horizon cendreux réduit ou absent: type T_2). Le plus souvent, on ne rencontre les podzols typiques que sur des roches-mères à très forte proportion d'éléments grossiers, caillouteux, sablo-argileux ou sableux; dans tous les cas, l'horizon A_2 doit être très filtrant pour que le phénomène de la transformation en podzol se produise: ce caractère peut être inhérent à la roche-mère (roche-mère sableuse ou caillouteuse), ou bien il peut n'être que secondaire et provenir de l'entraînement préalable de l'argile par lessivage (roche-mère sablo-argileuse).

Les variations dans le profil peuvent être considérables, suivant la nature de la roche-mère et la profondeur du plan d'eau; elles seront étudiées en détail dans les pages qui suivent; dès maintenant, on peut signaler la distinction fondamentale entre les types de podzols: les uns prennent naissance sur roches très caillouteuses et très filtrantes, dans lesquelles un horizon d'accumulation humique a tendance à prendre rapidement naissance et à se plaquer en surface sur l'horizon d'accumulation argile-fer préexistant. Dans ces types de podzols on constate aussi que l'horizon A_1 est toujours peu épais, alors que A_2 est parfaitement cendreux (*podzol humo-ferrugineux*).

Au contraire, dans les types de podzols qui prennent naissance sur les sols à Gley, et à plan d'eau relativement peu profonds, on n'observe jamais d'horizon d'accumulation humique, directement au contact du Gley. Par contre, l'horizon A_1 peut prendre un développement considérable et à sa partie inférieure, peut apparaître un horizon d'accumulation particulier, l'*Alios humique*. Il est alors difficile de distinguer les horizons A_1 et A_2 qui présentent une teinte grise, plus ou moins foncée, uniforme (*podzol humique*).

Le rapport de podzolisation pour l'argile dans les podzols est supérieur à 4. Le rapport de podzolisation pour le fer libre est en général plus élevé encore, l'horizon A_2 étant appauvri à l'extrême en fer;

toujours supérieur à 4, il atteint souvent 14 ou 15. Pour tous les podzols, la teneur en chaux échangeable est très faible dans tous les horizons.

Sauf dans de très rares cas, la forêt a disparu, et les podzols sont les sols caractéristiques de la lande à Ericacées déjà ancienne; suivant le caractère plus ou moins filtrant du sol et la profondeur du plan d'eau, la lande appartiendra au type le plus humide (tourbière spongieuse à *Sphagnum* et *Erica tetralix*), ou à un type moyennement humide (lande à *Molinia cærulea* et *Calluna vulgaris*) ou à un type sec (lande à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris*). Les espèces reliques de la Chênaie acidophile deviennent rares.

Lorsque des plantations de pins, effectuées par l'homme, maintiennent un certain ombrage, les Ericacées tiennent une place moins importante; par contre, les mousses telles *Hypnum Schreberi,* prennent un développement important.

Bien que cette question soit plus complètement traitée dans la troisième partie, on peut dès maintenant affirmer que c'est la végétation, la lande à Ericacées ou la pineraie, qui façonne son sol et provoque la podzolisation finale par l'humus acide qu'elle fabrique.

2° ROCHE-MÈRE ARGILEUSE OU SOL A PLAN D'EAU SUPERFICIEL (SOLS TOURBEUX)

Les tourbières, assez rares en Sologne, peuvent se développer sur les argiles les plus compactes, non drainées, et les plus pauvres en bases échangeables. C'est le cas du sol de la Station 133, analysé ci-dessous, pour lequel la teneur moyenne en éléments fins et hygrophiles (argile-limon-matière organique) des horizons A et G atteint 56. En raison de la faible perméabilité de ce sol, le rapport de podzolisation de l'argile n'est pas considérable, et il atteint au maximum 4. La teneur en chaux échangeable est faible, si l'on tient compte du caractère très argileux de ce sol.

Il faut noter également, comme le remarque Allorge [9], que ces tourbières à *Sphagnum* se rencontrent souvent sur des sols sableux en surface, dont le plan d'eau est très élevé pour une raison ou pour une autre: voisinage de source et de cours d'eau, dépression en cuvette provoquant un affleurement de la nappe phréatique.

a) Association type (Tableau VII)

C'est la tourbière spongieuse à *Erica tetralix* ainsi que l'a dénommée Allorge [9]. La bruyère, *Erica tetralix,* est constante et on peut

également noter comme caractéristique exclusive de cette association, *Scirpus cæspitosus*. Par contre, la Callune est presque toujours absente, éliminée par l'excès d'humidité. Les *Sphagnum* tiennent également une place importante dans les faciès les plus mouilleux ; la Molinie est constante, mais n'est pas caractéristique de ce groupement.

Le relevé N° 131 est une forme de passage entre la lande humide à Molinie et à Callune et la Tourbière spongieuse : la Callune a disparu, mais les caractéristiques essentielles de la tourbière n'ont pas encore fait leur apparition.

Dans la station 132, déjà plus mouilleuse, *Scirpus cæspitosus* est présent, mais les *Sphagnum* manquent : ceux-ci n'existent que dans les relevés 133, 134, 135, qu'on peut considérer comme typiques.

Enfin, il faut noter que quelques caractéristiques de la Chênaie acidophile subsistent encore, pour nous rappeler l'origine de ces groupements ; on peut même trouver *Cladonia sylvatica* (133), vestige d'un état antérieur, boisé, et par conséquent plus sec.

Principaux relevés du Tableau VII (tous en Sologne) :

Station 131. — Argiles de Sologne. Landes de Brinon, dépression au bas d'une pente.

Station 132. — Argiles de Sologne. Pacages communaux de Souesmes.

Station 133. — Argiles de Sologne. Dépression à mi-chemin entre Pierrefitte et Souesmes.

Station 134. — Argiles de Sologne. Ferme de la Raimbaudière, près de la Sauldre, à 2 km. de Souesmes, sur la route de Ménétréol.

Station 135. — Argiles de Sologne. Route de Neuvy à Ménétréol, le long de la Rère.

b) Profils et analyses (Planches XI et XII, série A, type III)

Le profil ayant atteint son développement complet ne comporte pas d'horizon A_2 : sous une couche plus ou moins épaisse de tourbe (5 à 20 cm.), on trouve un horizon A_1, très riche en matière organique, et celle-ci pénètre l'horizon de Gley sous-jacent : on peut vraiment parler d'un Gley humique, au-dessus du Gley minéral (type de sol se rapprochant des *sols de tourbières hautes* du type T_2 de Oudin [173].

Tableau VII

Tourbière spongieuse a Erica tetralix

Stations	131	132	133	134	135
Dominantes et Caractéristiques					
Erica tetralix	2 3	3 3	4 3	2 2	1 1
Drosera rotundifolia	.....	.....	.....	.....	+
Eriophorum vaginatum	.....	.....	+	.....	+
Scirpus cæspitosus	.....	2 2	3 2	.....	+
S. pauciflorus	.....	.....	.....	.....	1 1
Carex pulicaris	.....	.....	.....	.....	2 2
C flava	.....	.....	.....	.....	+
C. stellulata	.....	.....	.....	.....	+
Juncus squarrosus	.....	1 1	+	.....	.....
Myrica gale	.....	.....	.....	1 1	+
Salix repens	.....	+	+	.....	.....
Helodes palustris	.....	.....	.....	+	.....
Anagallis tenella	.....	.....	.....	+	+
Sphagnum sp.	.....	.....	4 5	3 3	3 3
Aulacomnium palustre	.....	.....	.....	.....	+
Compagnes					
Salix aurita	.....	.....	.....	1 1	.....
Molinia cœrulea	3 3	4 3	3 2	3 2	4 5
Nardus stricta	+	.....	.....	.....	.....
Agrostis canina	.....	.....	.....	.....	+
Carex panicea	.....	.....	.....	.....	2 1
Juncus acutiflorus	.....	.....	.....	+	.....
J. articulatus	+	.....	.....	.....	2 2
Hydrocotyle vulgaris	.....	.....	.....	+	1 1
Carum verticillatum	+	.....	+	+	+
Lotus uliginosus	.....	.....	.....	+	+
Genista anglica	+	.....	+	.....	.....
Ulex nanus	+	.....	.....	.....	.....
Orchis maculata	.....	.....	+	.....	.....
Polygala serpyllacea	+	.....	+	.....	.....
Cirsium anglicum	.....	.....	.....	+	1 1
Achillea ptarmica	.....	.....	.....	+	.....
Scutellaria minor	+	.....	.....	+	2 1
Gentiana pneumonanthe	+	.....	.....	.....	.....

Stations	131	132	133	134	135
Epilobium tetragonum	+				
Potentilla Tormentilla	+	1 1	+	1 1	+
RELIQUES DE LA CHÊNAIE ACIDOPHILE					
Betula pubescens		+			
Salix atrocinerea	+			+	
Rhamnus Frangula	+		+		
Ilex Aquifolium	+				+
Teucrium scorodonia	+				
Cladonia sylvatica			2 3		

A_0	Tourbe mélangée à un feutrage de racines et de grains de quartz.
	— 20.
A_1	Argile humifère à petites taches rouilles passant progressivement au Gley minéral.
	— 50.
Gley	

Bien souvent, par contre, on trouve un horizon lessivé, gris jaunâtre ou cendreux, entre les horizons humifères supérieurs et le Gley : cela provient soit de ce que la production d'humus n'a pas été suffisante pour imprégner la totalité de A_2 (cas du type de sol 131 formant transition avec les types suivants), soit de ce que le plan d'eau, surélevé par une cause secondaire, au-dessus de l'horizon imperméable, a freiné la migration des colloïdes humiques.

Le profil est alors le suivant (1) :

(1) Nous appelons cet horizon blanchâtre A_2 G, parce que, le plus souvent, sous le plan d'eau en période humide, il est intermédiaire entre un horizon lessivé et un Gley (on pourrait parler d'un Gley sableux, comme le fait WILDE [**230**]).

L'analyse mécanique de ces types de sol, qui ne peut donner aucune indication utile dans ce cas particulier, a été négligée.

A_0	Tourbe.
	— 10 à — 20.
A_1	Sable humifère.
	— 30 à — 40.
A_2 G	Horizon gris blanchâtre. Profondeur variable: transition progressive et peu visible.
Gley	

Les mesures de pH de la tourbe donnent un pH qui oscille en moyenne autour de 5.

Comme il fallait s'y attendre, la teneur en matière organique de l'horizon A_1 est très élevée, surtout si la Sphaigne a atteint un grand développement. Le fer ne subit qu'une faible migration.

Analyse du sol de la Station 133:

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H^2O	Mat. org.	Fer libre	Chaux éch.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A_1	4,8	11,5	31	13,1	29	3,8	11,6	0,4	2,4
Gley humif..	5,5	42,5	15,7	7,2	23,7	5,6	5,3	0,6	2,6
Gley minéral	5,6	40,7	8,7	15,4	30	4,2	1,0	—	—

3° ROCHE-MÈRE ARGILEUSE, RICHE EN CAILLOUX (PODZOL HUMO-FERRUGINEUX)

Les podzols du type humo-ferrugineux, à horizon lessivé cendreux et à horizon illuvial humique et ferrique, s'observent presque exclusivement dans le secteur ligérien, sur les argiles à silex ou argiles à chailles très caillouteuses (90 %, parfois 95 % de cailloux, et seulement 5 à 10 % de terre fine), en stations bien drainées par une pente légère: ces stations, à propriétés si particulières, sont heureusement rares et toujours très localisées dans les grandes forêts domaniales; en raison des difficultés de régénération qu'on y rencontre, les forestiers y ont presque toujours introduit du Pin sylvestre, qui, par l'humus acide qu'il produit, n'a fait qu'accélérer la podzolisation.

Le profil est caractérisé par l'horizon A_2 cendreux, pauvre en matière organique (moins de 1,5 %, en général moins de 1 %); l'horizon illuvial est composé d'un sous-horizon B_1 humique, recouvrant un horizon B_2 argilo-ferrique.

Ces sols sont parmi les plus acides étudiés dans ce travail; le pH de A_0 peut être de 3,5, celui de A_1 est en général inférieur à 4.

Le rapport de podzolisation de l'argile est de 4 à 5; pour le fer libre il est souvent plus élevé, de l'ordre de 10 à 15.

a) Association type

Sans le couvert des Pins sylvestres que l'on a le plus souvent plantés dans ces stations, la Callune serait de beaucoup l'élément dominant et presque exclusif de la lande qui les caractériserait. Mais l'ombre relative causée par les cimes des pins, tout en réduisant la vitalité de la Callune, favorise la Fougère Aigle, *Pteris Aquilina* et une mousse *Hypnum Schreberi,* de sorte que ces trois éléments s'équilibrent à peu près; les autres mousses acidophiles (*Leucobryum glaucum, Dicranum scoparium*) existent également. Enfin quelques éléments de flore classique de la Chênaie acidophile ont pu être favorisés par le couvert des pins.

Les stations étudiées et les relevés correspondants sont les suivants:

Station 136. — Argiles à chailles. Forêt de Montargis. Parcelle H 4, série Nord (route de la Selle sur le Bied); pente légère.

Pinus sylvestris (plantés)	3 2	*Molinia cærulea*	+
Quercus sessiliflora (très dépérissant)	1 1	*Hypnum Schreberi*	5 5
Fagus sylvatica (très dépér.)	+	*Scleropodium purum*	+
Betula verrucosa	+	*Dicranum scoparium*	+
Calluna vulgaris	3 4	*Leucobryum glaucum*	+
Pteris Aquilina	2 4	*Cladonia sylvatica*	+

Station 137. — Argiles à silex. Forêt de Bercé. La Gaie Mariée. Parcelle C 3; pente moyenne.

Pinus sylvestris	4 2	*Hypnum Schreberi*	5 5
Calluna vulgaris	1 2	*Dicranum scoparium*	+

Station 138. — On peut rapprocher de ces podzols sur argile à silex celui du domaine de l'Académie d'Agriculture d'Harcourt (Eure) et étudié par Aubert et Duchaufour [22]. Il porte une association comprenant surtout *Vaccinium Myrtillus, Pteris Aquilina* et *Hypnum Schreberi.* Sa genèse est tout à fait analogue. (Domaine d'Harcourt. Coupon 5, les Renardières; pente moyenne).

b) Profils et analyses (Planches XI et XII, série B, type IV)

L'horizon A_0 est très épais (15 à 20 cm.), alors que l'horizon A_1 n'a que 2 à 3 cm., ce qui est caractéristique de ces sols. L'horizon lessivé est cendreux et parfois parcouru par des traînées grisâtres humifères ; l'horizon B_1, humique, n'a souvent que 2 à 5 cm. d'épaisseur, et forme une bande noire au contact de l'horizon B_2, argileux et ferrique.

A_0	Humus rougeâtre de pins et d'Ericacées. Au sommet : couche F ; base : couche H.
	— 15
A_1	Horizon humifère noir.
	— 17.
A_2	Horizon cendreux très caillouteux, limono-sableux.
	— 58
B_1	Horizon humique, à placages noirs en surface de B_2 et dans les fissures.
	— 60.
B_2	Argileux rouille non humifère.

Le sol de la station 137, plus filtrant, est caractérisé par un horizon B d'accumulation humique beaucoup plus important, atteignant 20 cm. d'épaisseur.

C'est dans les horizons A_0 et A_1 que la densité des racines est maximum, alorsque l'horizon A_2 en est presque complètement dépourvu.

Les analyses ont donné les résultats suivants :

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Fer libre	Chaux éch.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 136 :							(*)		
A_1	3,8	5,3	17,2	44,8	27,0	2,1	3,6	0,03	0,5
A_2	5	9	17,4	47	25,5	0,4	0,7	0,05	0,4
B_1	4,8	23,4	17,1	32,2	17,2	3,1	7,0	0,18	—
B_2	5,2	25,3	15,2	36,6	16,5	2,7	3,7	0,45	0,3
Station 137 :									
A_1	3,5	non analysé.						0,06	
A_2	4,5	2,8	13,3	56,3	26,0	0,4	1,2 (0,6)	0,05	
B_1	4,5	14,5	9,3	45,2	24,6	2,0	4,4 (3)	0,05	
B_2	5,4	1,3	2,0	34,7	58,5	1,2	2,3 (1,9)	0,25	

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H^2O	Mat. org.
	—	—	—	—	—	—	—
Station 138:							
A_1		4,5	21,7	65,0	4,5		4,3
A_2		5,0	16,0	73,0	5,2		0,8
B_1		11,2	16,4	64,3	6,1		2,0
B_2		44,6	13,9	36,5	5,2		0

(N.-B. — Cette dernière analyse est exprimée en % de terre sèche à 105°).

(*) Les chiffres entre parenthèses indiquent la matière organique humifiée soluble dans la potasse.

Il faut noter l'extrême acidité des horizons supérieurs sous l'influence de l'humus acide de pin sylvestre; une anomalie est également digne de remarque: c'est l'absence d'accumulation d'argile en B_2 dans le profil 137; on peut admettre qu'en raison du caractère très filtrant de ce sol, la matière organique a pu, au cours de sa migration, traverser et imprégner l'horizon d'accumulation d'argile, au lieu de se plaquer en surface comme dans les deux autres profils.

4° ROCHE-MÈRE SABLO-ARGILEUSE (PODZOL A GLEY - PODZOL HUMIQUE A GLEY)

Ces roches-mères, essentiellement sableuses, contiennent cependant suffisamment d'argile, pour qu'il se constitue par lessivage un horizon d'accumulation compact, qui favorise la remontée vers la surface des eaux capillaires, et peut constituer, même en saison humide, un plan d'eau temporaire: cet horizon prend ainsi l'aspect d'un Gley.

Suivant la hauteur du plan d'eau moyen, ou bien la migration des colloïdes humiques est presque totalement freinée, ou bien elle peut au contraire s'effectuer sur une certaine profondeur: on peut alors observer deux types de profil distincts.

1° *Le Podzol à Gley,* à plan d'eau moyen superficiel, offre un horizon A_1 toujours peu épais; en-dessous, l'horizon illuvial cendreux A_2 repose directement sur l'horizon de Gley (type α-Gley).

2° *Dans le Podzol à faible accumulation d'humus* (Tamm [215]), le plan d'eau moyen étant moins élevé, un certain lessivage de l'humus a pu commencer à se produire: il se constitue alors un horizon A_1 - A_2, humifère, gris plus ou moins foncé, peu épais, à la base duquel on peut observer une zone plus brune, encore peu compacte, (mais faisant transition avec les horizons d'Alios humique) et qui est un véritable horizon illuvial en humus (B_1). En dessous, on trouve un

ancien horizon lessivé, correspondant au profil podzolique antérieur (A_3) et qui a été plus ou moins transformé en Gley par la remontée du plan d'eau ; enfin, en profondeur, suit l'horizon illuvial argileux de type Gley caractérisé (voir Planches XI et XII, série C, types IVa et IVb).

Malgré la forte teneur en humus de ces sols, l'acidité n'est pas très élevée (pH de A_1, de 4,5 à 5), en raison de leur faible perméabilité ; on constate même une légère remontrée du pH par rapport aux sols de la Chênaie dégradée à Bouleau et Callune.

Comme pour les sols podzoliques, le rapport de podzolisation pour l'argile est en général supérieur à 4. Pour le fer, il oscille entre 6 et 8.

a) Association type (Tableau VIII)

La lande qui occupe la surface de ces sols est du type humide, moins humide toutefois que la tourbière spongieuse décrite ci-dessus ; les trois espèces dominantes qui, sinon isolément, du moins par leur groupement, sont caractéristiques de cette lande, sont : *Molinia cærulea, Calluna vulgaris* et *Erica tetralix ; Erica Scoparia* existe aussi, mais seulement dans les stations situées à l'intérieur de son aire (139, 1310, 1313).

C'est la lande à *Ulex nanus* et *Calluna vulgaris* décrite par Allorge [**9**], et c'est également le *Tetraliceto-Ulicetum nani* de Lemée [**144**].

Il faut signaler que la place occupée par *Calluna vulgaris* dans cette lande décroît au profit de *Molinia cærulea* et surtout d'*Erica tetralix*, au fur et à mesure que le plan d'eau s'élève. Lorsqu'au cours de la dégradation de la Chênaie, la strate arborescente s'éclaircit on note d'abord la disparition d'*Erica cinerea*, puis la raréfaction, dans certains cas, de la *Callune*, alors que la *Molinie* se montre envahissante. *Erica tetralix* n'apparaît le plus souvent qu'après la disparition, presque complète, des derniers arbres. Elle est accompagnée d'espèces hygrophiles, telles que *Genista anglica, Lobelia urens, Salix repens, Anthericum planifolium ;* et sur les sols les plus mouilleux, *Juncus squarrosus.*

Cependant, quelques espèces reliques de la Chênaie, subsistent encore après le départ du dernier chêne : ce sont les espèces les plus plastiques quant à l'humidité du sol : les deux bouleaux, *Populus tremula, Rhamnus Frangula.* Dans certains cas, certaines espèces indiquent un état antérieur beaucoup plus sec, par exemple *Cladonia sylvatica, Erica cinerea* dans les stations 1315, 1316, et 1317.

Pteris Aquilina, en général, disparaît complètement. Cependant, en

Sologne, sur les pentes sableuses en bordure d'étangs, il subsiste des ceintures étroites de grande fougère, formant transitions entre la lande humide et la lande sèche, décrite ci-dessous ; elle reste ainsi localisée aux points où le plan d'eau est pour elle à une profondeur optima.

Principales stations étudiées (Tableau VIII) :

Station 139. — Argiles à silex. Forêt de Chinon, carrefour Monrose.

Station 1310. — Argiles à silex. Forêt de Vierzon, route nationale 20, entrée Nord de la forêt, canton du Chêne vert.

Station 1311. — Sables et argiles de Sologne. Forêt de Vouzeron, route du Tertre aux Loups.

Station 1312. — Sables et argiles de Sologne. Les Sandilles, route de Nouans à Pierrefite en Sologne.

Station 1313. — Sables et argiles de Sologne. Rives de l'étang des Brosses, route de Saint-Viatre à Marsilly. Pente légère vers l'étang.

Station 1314. — Sables et argiles de Sologne. Pacages communaux de Souesmes en Sologne.

Station 1315. — Argiles à silex. Forêt de Bercé, La Guiltière, 11e série, parcelle 7 (plantation claire de pins maritimes).

Station 1316. — Argiles à silex. Forêt de Bercé, La Guiltière, 11e série, parcelle 24 (plantation claire de pins maritimes).

Station 1317. — Argiles à silex. Forêt de Bercé, même parcelle station voisine (plantation claire de pins maritimes).

b) Profils et analyses

Le profil 1313 montre un exemple d'horizon humifère A_1, peu développé, ce qui indique qu'une remontée importante du plan d'eau a freiné la migration de l'humus. (Podzol à Gley ; Planches XI et XII, série C, type IV b).

Tableau VIII. — Lande humide a Calluna vulgaris et Molinia cærulea

Stations	139	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317
Dominantes									
Molinia cærulea	4 5	4 5	3 3	3 2	4 3	4 3	1 3	1 2	5 5
Calluna vulgaris	1 3	2 1	4 4	4 4	1 3	3 2	5 4	5 5	1 3
Erica tetralix	+	+	1 1	2 1	1 2	2 2	1 2	+	.....
E. scoparia	+	+	.....	.....	4 3	.....	.....	.....	.....
Caractéristiques									
Salix aurita	+	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
Salix repens	.....	.....	+	.....	.....	2 2	.....	.....	.....
Juncus squarrosus	.....	.....	.....	+	.....	+	.....	.....	.....
Orchis maculata	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
Anthericum planifolium	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	+	+	+
Genista anglica	+	+	.....	.....	+	1 1	.....	.....	.....
Ulex nanus	1 3	+	1 1	.....	1 1	.....	.....	.....	.....
Lobelia urens	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gentiana pneumonanthe	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Compagnes									
Juncus articulatus	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....

Erica vagans			1 1						
Lotus uliginosus					+				
Viola lancifolia					+				
Cirsium anglicum		+							
Achillea ptarmica			+						
Potentilla tormentilla	+		+	+		+			

Reliques d'un état antérieur

Quercus pedunculata	+								
Betula verrucosa	+	+				+			
B. pubescens			+						
Salix atrocinerea			+						
Populus Tremula						+			
Rhamnus Frangula		1 1							
Ilex Aquifolium	+								
Rubus discolor	+								
Pteris Aquilina	2 3								
Lonicera periclymenum	1 1								
Sarothamnus Scoparius	+								
Polytrichum formosum				+		+			
Eurhynchium striatum				+					
Hypnum Schreberi							+	4 5	5 5
Cladonia sylvatica							4 3	3 3	1 2
Erica cinerea									+

N.-B. — Plantations de pins formant un étage dominant clairsemé pour les Stations 139 (pin sylvestre), 1315, 1316, 1317 (pin maritime).

A_0	
	— 3
A_1	Sableux humifère grisâtre.
	— 20.
A_2	Sableux cendreux, quelques taches rouilles à la partie inférieure.
	— 60.
B G	Horizon argileux compact Gley typique.
G C	Progressivement plus sableux à faciès Gley: roche-mère.

Il en est de même pour les profils 139, 1310, 1316.

Par contre, les autres profils ont un horizon humifère très épais, la remontée plus progressive du plan d'eau ayant permis une certaine migration de l'humus: on peut le subdiviser en deux parties, la partie supérieure A_1 - A_2 gris foncé, la partie inférieur B_1, brunâtre. (Pod zol humique, à faible accumulation d'humus. Planches XI et XII, série C, type IVa).

Le profil 1315 est particulièrement intéressant, car on trouve le reste d'un horizon A_2 cendreux d'épaisseur très réduite entre A_1 et B_1: cela indique que le dépôt de matière humique progresse dans les deux horizons en sens inverse, pour A_1 vers le bas pour B_1 vers le haut. Le relevé de la flore montre que la Callune l'emporte sur la Molinie.

Profil 1315:

A_0	Humus brut noir foncé.
	— 2.
A_1	Horizon sableux humifère noir.
	— 15.
A_2	Horizon cendreux, sporadique en voie de disparition.
	— 17 à — 18.
B_1	Horizon sableux noir à la partie supérieure, brun foncé à la base, faiblement concrétionné.
	— 36.
A_3	Sableux à taches rouilles sur fond clair.
	— 65.
B_2 G	Horizon d'accumulation d'argile du type Gley.
G C	Gley progressivement moins compact.

Notons que les racines de pins maritimes sont localisées dans les trente premiers centimètres.

Le profil 1317 montre un stade d'évolution plus avancé dans lequel A_1 et B_1, s'étant rejoints, forment un horizon continu ; A_0 est plus épais (7 cm.). La végétation a subi une évolution parallèle et la Molinie l'emporte sur la Callune, ce qui indique une fraîcheur accentuée.

Analyses

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Fer libre	Chaux éch.
	—	—	—	-	-	—	—	—	—
Profil 1313:							(*)		
A_1	5	9,5	17,2	28,4	39,0	1,4	4,5	0,02	
A_2	5,6	9,2	16,5	32,5	40,0	1,0	0,8	0,02	
BG	5,5	36,0	14,5	14,0	29,0	5,4	1,1	0,10	
Profil 1315:									
A_1	4,8	4,5	6,3	50,5	32,5	1,4	4,8 (1,3)	0,03	0,4
B_1	5,2	5,3	6,1	50,1	32,0	2,0	4,5 (2,5)	0,05	0,5
A_3	5,7	6,3	7,0	45,9	39,5	0,7	0,6 (0,4)	0,04	
B_2G	5,8	18,5	6,0	37,4	36,5	1,6	0	0,22	0,5
Profil 1316:									
A_1	4,5	3,0	7,0	36,8	49,0	0,7	3,5	0,06	
A_2	5,3	2,5	6,3	39,5	51,0	0,2	0,5	0,04	
BG	5,7	48,0	2,5	24,5	21,9	2,3	0,8	0,31	

* Les chiffres entre parenthèses indiquent la matière organique humifiée soluble dans KOH.

Il est important de souligner pour le profil 1315, que la teneur en matière organique de B_1 est inférieure à celle de A_1, alors que la teneur en fer est légèrement supérieure. On constate que la teneur en colloïdes humiques solubles dans KOH, est plus élevée en B_1 qu'en A_1, ce qui confirme leur migration.

5° ROCHE-MÈRE SABLEUSE (PODZOL HUMIQUE A ALIOS) (1)

Comme pour les sols podzoliques, deux cas sont à envisager suivant la profondeur moyenne de la nappe phréatique. Si celle-ci est

(1) Dans les stations parfaitement drainées, les types podzol ferrugineux et humo-ferrugineux à A_2 cendreux, peuvent s'observer aussi sur roche-mère sableuse : nous en parlerons à propos des Landes de Gascogne. Mais ces types sont rares dans le secteur ligérien, particulièrement en Sologne.

éloignée de la surface, les acides humiques fabriqués par la lande, migrent en se répartissant d'une façon décroissante avec la profondeur. Le profil est donc très profond et homogène ; il ne se produit pas à proprement parler d'horizon d'accumulation (*podzol humique à accumulation diffuse*) ; c'est un type de podzol encore peu évolué.

Si au contraire, une nappe phréatique, à niveau moyen plus superficiel existe (en station horizontale), un horizon d'accumulation humique du type *Alios humique* prend naissance, par floculation des complexes fer - acides humiques à la limite d'action des eaux capillaires profondes ; cet horizon, assez compact, quoique moins que dans les Landes, résulte de la cimentation des grains de sable par les colloïdes humiques : il reste suffisamment filtrant, pour que la lande soit encore une lande sèche.

Le plus souvent, cet horizon d'alios apparaît à un certain niveau au-dessus de l'horizon d'accumulation d'argile-fer, qui s'est constitué antérieurement (stade podzolique).

Ce type de sol, à alios, évolue vers le type décrit par Tamm [**215**], sous le nom de *podzol humique, à forte accumulation d'humus en B,* qui correspond, en Suède, à une profondeur moyenne du plan d'eau de 60 cm. ; l'horizon A_2, coloré par l'humus, présente une teinte grise caractéristique.

Le rapport de podzolisation de l'argile est du même ordre que pour les sols podzoliques ; pour le fer, il peut être supérieur et atteindre 20 ; le pH est très bas, nettement plus bas que pour les sols de la catégorie précédente, et oscille entre 3,8 et 4,5, pour l'horizon A_1. Quant au rapport de podzolisation de la matière organique, il est toujours plus faible que pour les podzols humo-ferrugineux.

Toutes les stations observées se trouvent sur sables de Sologne (faciès les plus secs) et sur sables de Fontainebleau.

a) Association type (Tableau IX)

L'association qui recouvre ces sols est une lande sèche à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris,* analogue à celle décrite par Allorge [**9**] et par Lemée sous le nom de *Calluneto - Ericetum cinereæ* [**144**]. Les principales caractéristiques sont *Erica cinerea,* et *Cladonia sylvatica.*

La régression d'*Erica cinerea* devant la Callune et les mousses telles que *Hypnum Schreberi, H. cupressiforme,* marque un faciès un peu plus frais ; ces mousses subsistent sous l'ombrage des pins, lorsque ces landes ont été plantées.

Certaines espèces sont les restes d'associations antérieures : c'est

TABLEAU IX. LANDE SÈCHE A ERICA CINEREA ET CALLUNA VULGARIS

Stations	1318	1319	1321	1322	1323
CARACTÉRISTIQUES					
Erica cinerea	1 3	2 3	1 2	2 2	+
Danthonia decumbens				+	
Cladonia sylvatica			3 2	2 2	5 4
C. furcata				+	
Stereodon cupressiforme			3 2	+	1 3
Hypnum Schreberi	1 3				4 4
DOMINANTE					
Calluna vulgaris	4 3	3 3	4 4		5 5
RELIQUES DE L'ÉTAT ANTÉRIEUR					
Betula verrucosa		2 1	+		
B. pubescens					1 1
Pteris Aquilina	1 2	1 1			
Rubus sp.		+			
Teucrium Scorodonia		+			
Polytrichum formosum					+
Dicranum scoparium			1 2	1 2	1 2
PSAMMOPHILES					
Helianthemum Alyssoïdes				2 2	
Aira præcox		+			
Rumex acetosella		+			
Polytrichum juniperinum			+	3 3	

N.-B. — Les stations 1318, 1319, sont plantées d'un peuplement clair de pins sylvestres.

ainsi qu'on peut noter des reliques de la Chênaie acidophile et des psammophiles, qui subsistent d'un état antérieur du sol moins évolué (*Aira præcox* et *Rumex acetosella, station* 1319). Quant à *Helianthemum Alyssoides,* il s'est réinstallé dans la station 1322, à la suite d'un récent incendie de la lande : on constate qu'il régresse déjà nettement devant la concurrence des Ericacées.

Les principales stations étudiées dans le tableau IX sont les suivantes :

Station 1318. — Sables de Fontainebleau. Forêt de Fontainebleau, canton du Bas-Bréhaut, pente entre les rochers.

Station 1319. — Même roche-mère. Forêt de Fontainebleau, Gorges d'Apremont. Sol prélevé sur la pente entre les rochers.

Station 1320. — Même roche-mère. Forêt de Fontainebleau. Rocher des Etroitures. Bas-fond au bas de la pente.

Cette station n'est pas portée sur le tableau des relevés floristiques : on observe sous un étage dominant de gros pins sylvestres plantés, un perchis dense de Chênes rouvres, de Hêtres et de Châtaigniers. Sur le sol, on ne trouve que quelques individus épars de *Pteris Aquilina,* et quelques touffes de *Leucobryum glaucum.* (La pente qui domine ce fond est caractérisée par le même profil et la même végétation que la station 1319).

Station 1321. — Sables de Sologne, carrière entre Pierrefite et Souesmes (Sologne).

Station 1322. — Même roche-mère. Les Sandilles, le long de la route de Nouans à Pierrefite (Sologne).

Station 1323. — Même roche-mère. Pacages communaux de Souesmes en Sologne.

La réinstallation des feuillus, sur le sol de la station 1320 et la profonde modification de la flore qui en résulte, seront étudiées et discutées ultérieurement (troisième partie).

b) Profils et analyses

Les profils des sols 1318, 1319, 1320, entrent dans la première catégorie de sols jeunes à accumulation diffuse, envisagée ci-dessus ; la couleur plus noire des couches inférieures indique, non une augmentation de la teneur en matières organiques, mais un degré d'humification plus accentué. Par contre, la teneur en fer libre est légèrement supérieure en B_1, et en B_2, comme l'indique la couleur progressivement plus brune. (Planches XIII et XIV, série B, type V).

A_0	Couche épaisse d'humus brut de pins et d'Ericacées.
— 10.	
A_1	Horizon salbeux grisâtre.
— 25.	
B_1	Horizon sableux noir.
— 70.	
B_2	Horizon sableux rouille.

Le profil 1320 est plus profond et l'horizon A_0 est réduit à 3 à 5 cm. d'épaisseur.

Le profil 1321 au contraire appartient au second type, à alios humique très net; c'est un podzol humique encore pauvre en matière organique, qui fait transition avec un podzol humo-ferrugineux (Planches XIII et XIV, série B, type IV).

A_0	Humus brut noir.
	— 5.
A_1	Horizon humifère noir très sableux.
	— 30.
A_2	Horizon gris, sableux.
	— 45.
B_1	Alios humique noir et meuble à la partie supérieure, compact et brun à la partie inférieure.
	— 60.
A_3	Sableux jaune clair.
	— 130.
B_2	Sableux à nombreuses taches rouilles.
	— 150.
G	Gley argilo-sableux.

Il faut noter la couleur grise de l'horizon A_2 qui est caractéristique.

Enfin, le profil 1322, se rapproche du précédent, mais l'alios est plus profond, moins compact; presque aussitôt en dessous on observe des bandes horizontales, enrichies en argiles et contenant des concrétions d'oxydes de fer.

A_0	Débris noirâtres, peu humifères, mêlés de racines et de grains de quartz.
	— 15.
A_1	Sableux noirâtre, assez compact.
	— 35.
A_2	Sableux noirâtre, friable.
	— 70.
B_1	Alios brunâtre, encore meuble.
	— 80.
	— 90.
B_2	Zone enrichie en argile grisâtre en bandes successives. Concrétions d'oxydes de fer.
	— 140.

Voici les résultats donnés par les analyses :

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Fer libre	Chaux éch.
Sols à accumulation diffuse									
Station 1319 :							(*)		
A_1	4,7	1,5	0,5	62,2	33,0	0,5	2,3	0,04	
B_1	5	2,2	0,5	63,1	31,8	0,5	1,0	0,07	
B_2	5,8	0,5	0,2	72,5	24,7	0,3	0,8	0,07	
Station 1320 :									
A_1	3,9	6,2	5,8	66,4	6,0	2,4	13,2 (5,8)	0,05	
B_1	3,9	2,8	3,6	80,3	6,5	1,2	5,6 (4,4)	0,07	
B_2	4,6	1,7	3,0	89,4	2,5	0,7	2,7 (1,6)	0,07	
Sols à Alios									
Station 1321 :									
A_1	4,5	1,2	5,0	15,7	68,0	1,4	8,7 (5,1)	0,06	0,6
A_2	4,7	0,7	2,7	14,5	81,0	0,2	0,9 (0,6)	0,02	0,5
B_1 Sommet.	4,5	2,2	1,8	16,0	76,0	0,8	3,1 (3,0)	0,08	—
B_1 Base ...	5,3	1,2	1,2	13,4	78,2	1,8	4,2 (2,9)	0,10	0,5
A_3	5,5	1,5	1,5	5,0	93,0	0	0	0,01	
G	Non prélevé.								
Station 1322 :									
A_1	4,0	2,5	2,5	12,8	76,0	1,4	4,8 (2,6)	0,01	
A_2	4,2	2,0	2,2	8,4	85,0	0,6	1,8 (1,6)	0,015	
B_1	5,2	3,0	3,7	21,5	69,0	0,8	2,0 (1,5)	0,04	
B_2	5,8	8,5	7,5	18,2	62,5	2,2	1,1 (0,5)	0,23	

* Les chiffres entre parenthèses indiquent la matière organique humifiée, soluble dans KOH.

Pour les sols à accumulation diffuse (1319-1320), il n'y a pas augmentation du taux de matière organique en B_1, mais une légère augmentation du taux de fer libre par rapport à A_1 : ce fait a déjà été constaté pour les sols podzoliques de même type.

Un phénomène digne de remarque est la différence de teneur en matière organique des sols 1319 et 1320 sur sables de Fontainebleau : elle est beaucoup plus considérable dans le second que dans le premier : c'est là, probablement, un phénomène de *lessivage oblique*, lié à la topographie, et dont nous reparlerons ultérieurement (voir troisième partie, chapitre II) ; les colloïdes organiques, auraient subi une migration oblique le long de la pente (1319), pour s'accumuler à la base (1320).

Les podzols humiques à alios (1321 à 1322) présentent en B un taux de matière organique supérieur à celui de l'horizon A_2 : ce fait est surtout marqué pour le profil 1321, dont l'alios a une structure compacte bien caractérisée. Par contre, pour le profil 1322, l'accumulation d'humus est plus profonde et plus diffuse ; l'alios est moins riche en matière organique, donc plus friable : ce type, à plan d'eau moyen plus profond, fait transition avec les podzols à accumulation diffuse. Il offre en outre le grand intérêt de montrer, sous l'alios, un horizon d'accumulation d'argile et de fer antérieurement formé au cours de la « phase podzolique ».

Pour conclure, il importe de noter, que la lande qu'on rencontre sur ces podzols humiques est, dans le secteur ligérien, une lande sèche, par opposition à celle des podzols humiques des Landes de Gascogne, qui est, comme nous le verrons, une lande humide ; cela peut s'expliquer par l'intervention de deux facteurs : d'abord la compacité et l'épaisseur de l'alios sont supérieures dans les Landes ; ensuite, l'action compensatrice du climat joue, dans les Landes, à climat atlantique, en faveur d'un type de lande plus humide (voir troisième partie, chapitre I).

V. — L'évolution des associations et des sols dans le secteur ligérien

(Tableau X)

D'après ce que nous avons observé dans les paragraphes précédents, c'est essentiellement le facteur *perméabilité* de la roche-mère qui oriente l'évolution du sol et des associations. Les facteurs pH, et bases échangeables, n'ont, à l'origine, qu'une importance secondaire, en ce qui concerne la tendance qu'ont les sols à se lessiver : nous avons vu

que certains sols relativement riches en bases échangeables, par exemple le sol de la station III, peuvent subir néanmoins un début de lessivage assez accentué.

C'est donc surtout en nous basant sur ce facteur de perméabilité, mesurée d'après la teneur en éléments fins et en éléments grossiers, que nous passerons en revue, en raccourci, l'évolution des sols dans le secteur ligérien ; en même temps, nous récapitulerons, en nous plaçant au point de vue dynamique, la succession des associations dont nous avons déjà parlé, en nous efforçant de mettre en lumière les rapports étroits entre les deux séries d'évolution, et pourrait-on dire l'action réciproque de l'une sur l'autre.

1° EVOLUTION SUR ROCHE-MÈRE ARGILEUSE COMPACTE

Sur une telle roche-mère, le lessivage reste réduit et l'acidification en surface est faible : c'est essentiellement la surélévation du plan d'eau après les coupes qui est à craindre.

L'association forestère caractéristique est une Chênaie acidophile, ou à humus doux, assez instable, comme nous l'avons vu, car dès que le peuplement s'entr'ouvre, apparaît le danger d'asphyxie des racines des arbres qui restent sur pied.

La Chênaie peut alors se dégrader de deux façons, d'une façon brutale sans qu'il y ait lessivage, ou progressivement, avec lessivage du sol.

a) Evolution brutale

Elle est causée, en général, par une cause perturbatrice, biotique ou humaine, ou un accident (incendie, épidémie, etc...).

Le brusque éclaircissement du peuplement cause l'apparition soit d'une chênaie claire à sol humide, si le phénomène est encore peu accentué, soit d'une lande humide à Molinie (écotype peu acidophile), *pauvre en Callune*, s'il l'est davantage. Le sol se modifie peu : un horizon de Gley superficiel, remplace l'ancien B ferrique, situé plus profondément.

L'évolution inverse peut aisément être provoquée, par drainage, et par plantation d'espèces feuillues, résistantes à l'asphyxie des racines.

b) Evolution lente

Cette évolution n'est pas causée par une brusque destruction du peuplement, mais elle semble résulter d'un lessivage progressif de l'argile sous l'action des arbres eux-mêmes. Sur ces roches-mères peu

perméables, *ce phénomène s'observe rarement, et il reste limité,* c'est-à-dire que le lessivage n'est jamais très accentué : le rapport de podzolisation atteint rarement 4.

On peut alors distinguer deux phases dans cette évolution :

Première phase. — C'est celle au cours de laquelle se produit le lessivage de l'argile, le peuplement étant encore suffisamment dense pour maintenir le plan d'eau assez bas : le sol passe alors au type podzolique V_2, mais en même temps l'horizon d'accumulation devient plus compact et prend l'aspect d'un Gley, le plan d'eau s'élevant progressivement. Le Chêne pédonculé succède au Chêne rouvre et il se constitue une Chênaie claire à sol humide.

Cette Chênaie claire à sol humide est relativement stable, et l'évolution peut s'arrêter à ce stade : à la différence du cas précédent, la remontée du plan d'eau s'étant faite progressivement, l'enracinement des arbres a pu s'adapter et se développer en surface au-dessus du Gley ; on constate en effet que l'enracinement des Chênes de cette association est particulièrement traçant ; de plus, le lessivage se trouve freiné et arrêté, en raison même de la surélévation du niveau de l'eau.

Seconde phase. — Remontée du plan d'eau.

L'évolution peut reprendre lorsqu'une nouvelle montée de la nappe d'eau est causée par une action extérieure plus ou moins brutale. On est alors ramené au cas précédent, mais le phénomène est plus grave, puisque le sol est plus podzolisé, le retour en arrière sera donc plus difficile à réaliser. Il se développe une lande à Molinie et dans certains cas, très rares dans le secteur ligérien, une tourbière spongieuse à *Sphagnum:* celle-ci ne peut prendre naissance que sur une roche-mère suffisamment acide et suffisamment pauvre en bases échangeables : il y aura alors accumulation d'une grande quantité de matière humique, directement au contact du Gley, toujours très superficiel (sol de type T_2).

2° SOLS ARGILEUX, PLUS OU MOINS RICHES EN CAILLOUX

Il est difficile de formuler une règle générale pour ces sols à propriétés très variables suivant la proportion de cailloux.

Si celle-ci est faible, le danger de podzolisation est réduit, mais celui de surélévation du plan d'eau est plus menaçant : c'est le cas précédent.

Si la proportion de cailloux est élevée (ou si le drainage est assuré

par une pente), c'est la podzolisation qui sera à craindre. Il y a une proportion optima de graviers et de cailloux qui correspond à un équilibre parfait entre l'entraînement de colloïdes par lessivage et leur remontée sous l'action des animaux du sol (vers de terre).

Voyons quelle sera l'évolution des associations et des sols, sur une argile à silex très riche en cailloux, et bien drainée, cas heureusement assez rare, et très localisé :

Au départ, une Chênaie acidophile ou une Chênaie d'humus doux correspond à un sol de type lessivé ; puis le sol passe au type podzolique et la forêt évolue vers la Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* et *Deschampsia flexuosa:* au fur et à mesure que l'argile est lessivée des horizons supérieurs, les bases échangeables sont entraînées simultanément, et on observe une acidification superficielle ; en même temps, le peuplement s'éclaircissant, la couverture morte produite annuellement devient moins abondante et la quantité de bases, ainsi ramenées à la surface par ses cendres, décroît. Enfin, la lumière de plus en plus intense du sol favorise l'apparition des Ericacées. A partir de cet instant, l'évolution régressive s'accélère : en effet, le caractère très filtrant de ces sols, exceptionnellement riche en graviers, favorise au maximum le lessivage : la disparition du peuplement forestier n'est pas accompagnée, comme dans le cas suivant, par une remontée du plan d'eau, freinant dans une certaine mesure les mouvements d'entraînement vers le bas : c'est la raison pour laquelle l'étape intermédiaire, la Chênaie dégradée à Callune — que l'on observe dans le cas de roches-mères sablo-argileuses — est en quelque sorte escamotée et on passe directement au faciès de lande à Callune.

En forêt soumise au régime forestier, le sylviculteur a le plus souvent planté des pins sylvestres ; dans ces stations déshéritées, le couvert de ces pins suffit en général à faire partiellement régresser la Callune, et à faire réapparaître les espèces caractéristiques de la phase précédente : *Pteris Aquilina* et *Hypnum Schreberi;* mais l'humus acide produit en abondance par la Callune, et plus encore par les débris de pins sylvestres, modifie chimiquement les horizons sous-jacents, et le profil prend l'aspect caractéristique du Podzol.

3° SOL SABLO-ARGILEUX

Ce type de sol est à l'origine relativement perméable, lorsque l'argile en quantité plutôt faible, se trouve répartie uniformément (sol jeune) : c'est pourquoi, en climat océanique, il manifeste une tendance extrême à se lessiver et à prendre le type podzolique.

Au départ, l'association caractéristique est une Chênaie acidophile très instable, dont on ne trouve que quelques stations reliques, en voie rapide de dégradation.

Cela explique, qu'on ne rencontre le plus souvent que la seconde phase de l'évolution, c'est-à-dire, la Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* et *Deschampsia flexuosa,* sur un sol podzolique. Le lessivage est alors ralenti, car un horizon de Gley, peu perméable, tend à apparaître par accumulation d'argile dans l'horizon illuvial; de plus, la strate arborescente s'éclaircit; pour ces deux causes, la circulation de l'eau de haut en bas décroît progressivement d'intensité; c'est la raison pour laquelle les phases finales de l'évolution de la flore et du sol sont plus lentes que dans le cas précédent, si l'homme n'intervient pas.

A un état plus clair encore du peuplement, correspond la *Chênaie à Bouleau et à Callune:* cette phase est surtout marquée par une acirification accentuée des horizons supérieurs sous l'action de l'humus acide provenant des Ericacées.

Deux cas doivent encore être envisagés, suivant que l'intervention humaine accélère ou ralentit l'évolution des associations et du sol.

a) Evolution accélérée

Elle se produit sous l'effet de l'enlèvement brutal de ce qui reste de la strate arborescente par l'homme: dans ce cas, la phase intermédiaire de Chênaie dégradée à Bouleau et Callune n'apparaît même pas, et l'on passe immédiatement à la lande; les Ericacées envahissent rapidement la surface du sol, qui n'appartient encore qu'au type podzolique: c'est le cas des stations 1223 et 1228.

Mais du même coup l'évolution du sol se trouve retardée par suite de la remontée du plan d'eau consécutive à la disparition complète de toute la strate arborescente; les acides humiques produits par les Ericacées ne peuvent migrer profondément et l'horizon A_1 humifère reste de faible épaisseur (profil 1313: Podzol à Gley).

b) Evolution lente

Elle résulte de la disparition progressive de la strate arborescente (phase à Chênaie dégradée à Bouleau et à Callune bien représentée), ou de la plantation par l'homme de pins. La survivance de certains arbres permet par la succion des racines, le maintien du plan d'eau assez bas pour que la migration des acides humiques puisse avoir lieu; l'horizon A_1 présente alors une épaisseur de 40 à 50 cm., et sa partie inférieure prend l'aspect d'un véritable horizon d'accumulation B_1 (profils 139, 1310, 1316). La présence de pin sylvestre est éga-

lement très favorable à la formation de ce profil, car elle a pour effet, simultanément, de drainer le sol et de produire des acides humiques en grande quantité. (Podzol humique à faible accumulation en B).

Dans les deux cas, l'association finale est une lande humide à Molinie (écotype le plus acidophile) et à Callune.

4° SOLS SABLEUX

Sur ces roches-mères extrêmement pauvres, pour lesquelles le complexe absorbant est presque inexistant, on ne trouve guère que des Chênaies dégradées. La nutrition en eau et en matières minérales est particulièrement défectueuse, l'équilibre de la forêt est donc facilement détruit: ce type de Chênaie très claire, est caractérisé, nous l'avons vu, par la présence d'espèces psammophiles dont la plus typique est *Cladonia sylvatica;* la culture fréquemment pratiquée temporairement sur l'emplacement de ces forêts dégradées, favorise une association particulièrement xérophile à *Corynephorus canescens,* maintes fois décrite sous le nom de *Corynephoretum.*

Très rapidement les Ericacées les plus xérophiles s'installent sur ces sols, plus ou moins dénudés, et sous l'action des acides humiques qu'elles produisent, le sol se transforme rapidement.

Lorsque la lande est jeune, le profil est encore peu modifié, mais sous la vieille lande, le sable s'imprègne de matière organique et devient de plus en plus foncé (sables noirs - sols « chaudronneux »). On passe à un podzol humique, encore peu évolué, à en juger par sa faible teneur en matières organiques: La lande reste alors du type « lande sèche ».

Deux cas peuvent se présenter: si le plan d'eau moyen est profond (sol drainé), les colloïdes humiques migrent en se répartissant en quantité décroissante sur une profondeur relativement grande: c'est le cas des podzols humiques à accumulation diffuse.

Si au contraire, les eaux d'infiltration sont arrêtées à un niveau peu profond par des courants capillaires ascendants, il se produit à ce niveau une floculation des colloïdes entraînés depuis la surface; ces colloïdes agissent comme un ciment à l'égard des grains de quartz et un Alios humique prend naissance. Cet Alios est encore relativement peu épais et peu compact, en comparaison avec l'Alios plus ou moins imperméable des Landes de Gascogne (*Podzol humique*).

5° CONCLUSION - POSSIBILITÉS D'ÉVOLUTION PROGRESSIVE

Nous avons pu constater que les sols les plus filtrants avaient tendance à se lessiver plus rapidement que les autres: En même temps,

l'évolution des associations sur ces sols suit aussi un rythme rapide : c'est le cas des roches-mères sableuses ou argileuses très riches en cailloux, qui donnent naissance à des podzols humiques.

Par contre, l'évolution est plus lente sur les autres types de roches-mères moins perméables, sur lesquelles apparaissent généralement les profils de podzols à Gley, ou même de tourbières à Gley.

L'action humaine exerce également une influence très importante sur l'évolution des sols et des associations. Par la destruction brutale de peuplements forestiers sur un sol en cours de podzolisation, elle accélère la régression de la forêt et l'apparition de la lande, mais par contre, freine le lessivage dans le cas de sols suffisamment riches en éléments fins ; inversement, par la constitution de peuplements de Pins (pins sylvestres ou pins maritimes), l'homme provoque une accélération de la podzolisation s'il maintient longtemps ces peuplements, mais favorise dans une certaine mesure une évolution en sens inverse des associations, avec retour de certaines espèces caractéristiques de forêts moins dégradées. C'est ainsi que dans la plupart des cas, le couvert des pins, ainsi installés dans une lande, fait régresser la Callune, la Molinie, et les autres espèces sociales héilophiles, au profit d'espèces de la Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* et *Deschampsia flexuosa* plus tolérantes à l'égard de l'ombre : on voit réapparaître en général la grande Fougère et particulièrement des mousses acidophiles (*Hypnum Schreberi* surtout) qui rappellent les faciès à Mousses de la Chênaie dégradée en stations sèches.

Ce retour à un stade antérieur n'est souvent que partiel et momentané ; on ne pourra parler d'évolution réellement progressive, de retour à la forêt (Chênaie acidophile ou même Chênaie à humus doux) que lorsqu'on constatera la réinstallation des feuillus, des Chênes en particulier, sous les pins.

Cette évolution progressive ne pourra être considérée comme durable que lorsqu'elle sera accompagnée d'une évolution progressive du sol simultanée. Le sol devra reprendre les caractères d'un sol brun ou lessivé, l'humus acide devra laisser la place à un humus doux ; cette transformation ne pourra s'opérer que très lentement à la suite d'une reprise intense de l'activité biologique : activité bactérienne d'abord, provoquant l'amélioration de l'humus ; activité des animaux du sol ensuite, en particulier des vers de terre, favorisant le brassage des divers horizons et la remontée des colloïdes en surface.

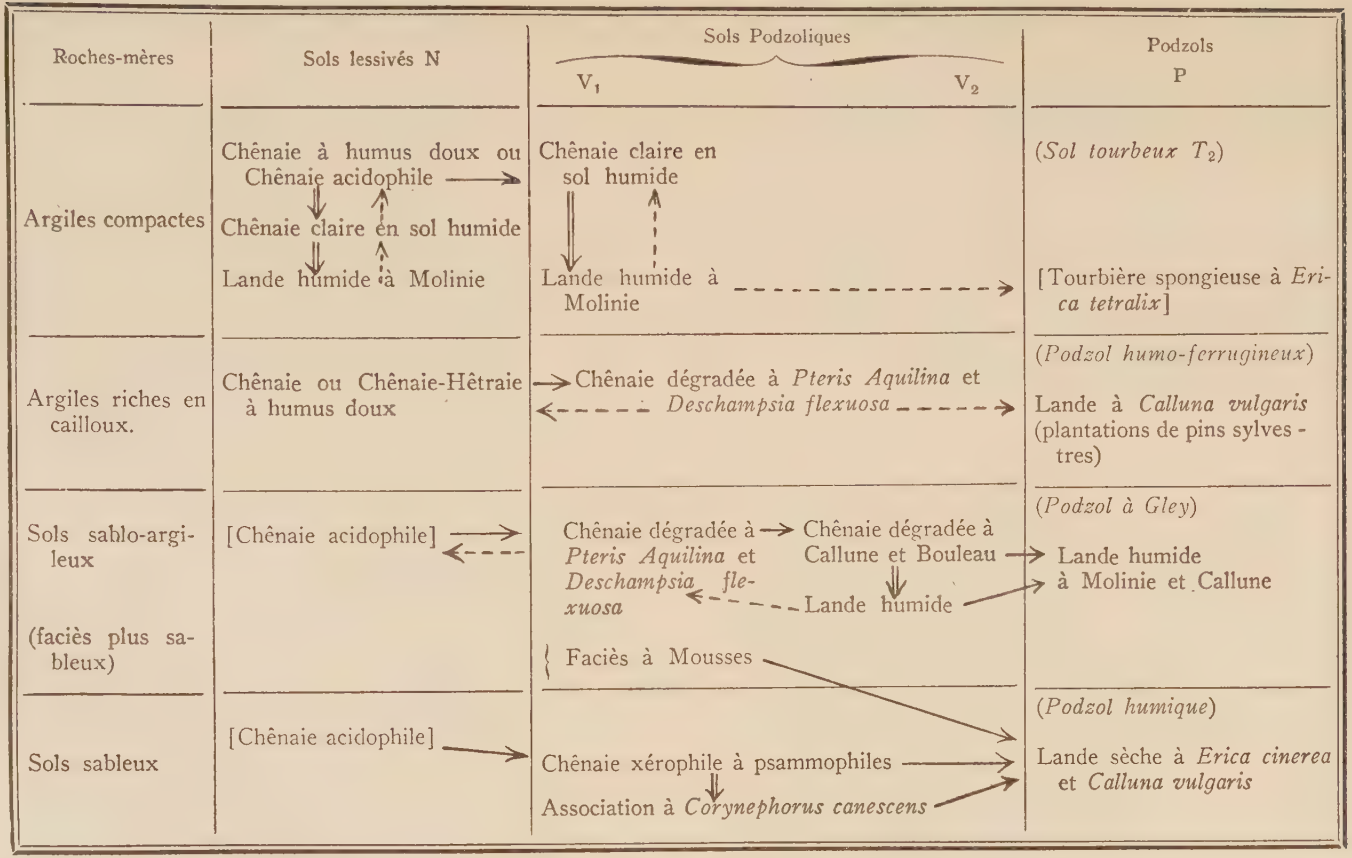
Mais cette double évolution progressive ne semble pas avoir lieu dans tous les cas. Elle se produit en général sur les sols simplement

du type podzolique, donc dans le cas de landes très jeunes, ou de landes installées prématurément à la faveur des destructions opérées par l'homme : l'exemple le plus caractéristique est celui de la station 1223, où l'on voit, sur un sol podzolique, une magnifique régénération naturelle de Chêne, sous le couvert de jeunes pins.

Par contre, sur les podzols typiques, particulièrement ceux dont les horizons humifères supérieurs sont très développés, *on n'observe jamais de semis de Chêne sous les pins :* la réinstallation du feuillu semble donc impossible sur ces sols, tout au moins par le simple emploi de résineux comme essence transitoire.

Reste alors à expliquer l'existence dans la station 1320, d'un perchis de feuillus, assez âgés (50 à 60 ans), sur un podzol très riche en humus acide. Il semble que cette régénération, d'ailleurs favorisée par l'homme, à l'aide d'opérations telles que crochetages, etc..., n'ait pu prendre naissance que sur un sol encore du type podzolique. L'accumulation d'humus ne se serait produite qu'ensuite, sous l'action des pins sylvestres laissés longtemps dans l'étage dominant (il en reste encore un certain nombre). L'évolution extrêmement rapide de ce sol ne peut s'expliquer que par son caractère très filtrant, l'action particulièrement acidifiante du pin sylvestre et enfin par sa situation topographique, à la base d'une pente, ce qui lui a permis d'être enrichi en acides humiques par lessivage oblique (voir troisième partie, chapitre II).

TABLEAU X. — SCHÉMA DE L'ÉVOLUTION DES SOLS ET DE LA VÉGÉTATION DANS LE SECTEUR LIGÉRIEN



→ Evolution normale. ⟹ Evolution provoquée par l'homme. - - - → Evolution accidentelle, dans certaines conditions.

PLANCHE V

SECTEUR LIGÉRIEN

Podzols à Gley

FIG. 11

Podzol humique à Gley (forêt de Bercé - station 1315).
Horizon d'alios très noir à mi-hauteur.
Horizon de Gley blanchâtre à la base.
Cliché Duchaufour.

FIG. 12

Lande humide à Callune et à Molinie; pins maritimes chétifs.
(Forêt de Bercé - station 1316).
Cliché Duchaufour.

FIG. 13

Lande humide à *Molinia cærulea* et *Erica Scoparia.*
(Sologne - Etang des Brosses, station 1313).
Cliché Linguet.

11

12

13

14

15

16

PLANCHE VI

SECTEUR ARMORICAIN

Sols lessivés et podzoliques

FIG. 14

Hêtraie à *Vaccinium Myrtillus*.
(Forêt de Cranou (le Loabou) - station 2210).
Cliché Rol.

FIG. 15

Sol podzolique humique (Arboretum de Camors - station 2216).
Touffes de Callune. La tache claire centrale correspond à l'horizon lessivé.
Cliché Duchaufour.

FIG. 16

Type de Chênaie à Mousses (*Hypnum Triquetrum*).
(Forêt de Camors - station 2115).
Cliché Rol.

CHAPITRE II

LES SOLS ET ASSOCIATIONS DU SECTEUR ARMORICAIN

I. — Considérations d'ensemble

Le contraste entre le secteur armoricain et le secteur ligérien est frappant à bien des points de vue ; les deux secteurs diffèrent en effet d'abord par leur climat, particulièrement humide dans le premier, puisqu'en dehors de la région de Rennes, le quotient pluviothermique dépasse 130, et même 160 dans le Cotentin et la Basse-Bretagne, région que nous avons plus particulièrement prospectée. Les roches-mères appartiennent aux groupes des roches « dures », qu'il s'agisse de roches cristallines, ou de roches sédimentaires consolidées ou métamorphisées, par opposition aux roches tendres non consolidées, qui dominent dans la région de la Loire. Enfin, la topographie, plus accentuée dans le secteur armoricain que dans le secteur ligérien, y joue un rôle dans la pédogénèse, d'autant plus important qu'il s'agit d'affleurements de roches plus solides.

Il est dès lors facile de prévoir que la formation des sols, leur évolution et leurs caractères, différeront profondément dans les deux secteurs. Les associations forestières, influencées par la diversité des facteurs du milieu, présenteront également des dissemblances notables : c'est ce contraste que nous allons essayer de mettre en relief.

1° LES ROCHES-MÈRES PROSPECTÉES

Comme nous venons de le dire, il s'agit dans l'ensemble de roches-dures, plus ou moins fortement consolidées, toujours dépourvues de calcaires, et relativement imperméables. Pour simplifier la question, et bien qu'il s'agisse en réalité de types pétrographiques assez divers, il est possible de les grouper en trois types fondamentaux, si l'on n'envisage que le point de vue pédologique ; nous distinguerons ainsi :

a) Les roches cristallines (granites, granulites, et gneiss) ; bien que ces roches présentent quelques différences dans leur viteses d'altération, elles donnent naissance à des sols suffisamment comparables pour qu'on puisse les grouper.

b) Les Grès et les Quartzites, caractérisés par la dominance presque exclusive du quartz dans leur composition minéralogique, mais qui peuvent donner naissance par leur décomposition à une proportion d'éléments fins qui n'est pas négligeable.

c) Les Schistes, plus tendres, plus affouillables, donnent naissance par désagrégation et altération à des argiles plus ou moins riches en cations absorbés ; les schistes houillers du synclinal de Chateaulin sont parmi les plus riches ; domaine du bocage, comme l'ont constaté AUBERT et BETREMIEUX [21], ils sont caractérisés par des sols bruns et portent peu de forêts ; nous avons étudié de préférence les schistes dévoniens ou siluriens, plus pauvres, et sur lesquels les forêts sont plus fréquentes.

Cette classification est quelque peu arbitraire, du fait que nombre d'affleurements primaires présentent des lits de quartzites alternant avec des lits de schistes ; de plus, sur les pentes qui existent en général le long de la limite de deux affleurements, l'un gréseux, l'autre schisteux, la frontière est peu nette et au cours de la désagrégation, un certain mélange se produit. Dans les cas douteux, pour connaître approximativement la nature de la roche-mère, nous avons eu recours à la méthode de TAMM [216], et nous avons calculé *l'index des minéraux basiques* des sables grossiers (horizon C), qui permet, par une simple différence de densité, de séparer le quartz, des minéraux plus lourds qui résultent de la désagrégation des schistes : on obtient ainsi une idée de la teneur en quartz et en éléments schisteux de la roche-mère.

Toutes les roches-mères sont caractérisées par une teneur très faible et relativement constante en bases échangeables.

Parmi les roches cristallines prospectées figurent surtout des granites (forêts de Ville-Cartier dans l'Ille-et-Vilaine, de Carnoët et de Huelgoat dans le Finistère), les gneiss granitoïdes (forêt de Camor - Morbihan), les gneiss (lande de Plumelec - Morbihan).

Comme grès et quartzite, ce sont les grès armoricains que nous avons le plus souvent étudiés (forêt d'Ecouves dans l'Orne, monts du Menez-Hom et Montagne Noire dans le Finistère) ; citons également les affleurements de grès de May (Etenclin et Landes de Lessay dans la Manche) et de grès ordovicien de Saint-Germain (forêt de Saint-Aubin du Cormier - Ille-et-Vilaine). Les schistes et quartzites de Plougastel, du dévonien inférieur, nous ont montré des sols reposant tantôt sur grès dominants, tantôt sur schistes dominants (Monts d'Arrée et Montagne Noire, Forêt du Cranou dans le Finistère, Forêt de Lorge dans les Côtes-du-Nord).

Comme autres affleurements schisteux prospectés, il faut mentionner les schistes siluriens d'Angers (forêt d'Ecouves - Orne) et les schistes du dévonien moyen (forêt du Cranou et forêts de Huelgoat dans le Finistère).

2° LES TYPES PÉDOLOGIQUES

Les types de sols bretons sont assez particuliers. Ils présentent des différences sensibles avec les sols du secteur ligérien et la correspondance avec les types de ce secteur est délicate à établir. Constatons tout d'abord que le rapport de podzolisation de l'argile ne donne que des renseignements peu précis sur le degré d'évolution des sols du secteur armoricain ; en effet, le long des pentes, la migration « oblique » des colloïdes argileux trouble leur répartition dans les différents horizons d'un même profil. De plus, dans les sols jeunes, sur les pentes, les horizons B et C sont plus ou moins confondus. Le degré d'altération des minéraux étant plus faible en profondeur qu'en surface, on conçoit que le rapport de podzolisation pour l'argile donne des chiffres trop faibles ; il en est de même pour le fer ; mais protégé par les colloïdes humiques ou siliciques, le fer libre semble plus mobile que l'argile ; de plus, sa libération par altération des minéraux est assez rapide : son dosage semble donner des résultats plus précis : c'est la raison pour laquelle nous avons adopté, comme base de la classification des sols bretons, le rapport de podzolisation-fer (fer libre) plutôt que le rapport de podzolisation de l'argile.

Les sols bruns (U) ou *bruns légèrement lessivés* (N_2), offrent en général des horizons humifères A_0 et A_1 très réduits ; le rapport de podzolisation-fer est de l'ordre de 1 à 1,5.

Au contraire, les *sols lessivés*, qu'on peut rapprocher du type N_1 de la classification d'Oudin [173 et 174] et Aubert [18], sont en Bretagne particulièrement riches en matière organique (1). Leurs horizons A_0 et A_1 sont en général épais ; le rapport de podzolisation oscille entre 1,5 et 2.

Les sols podzoliques du secteur armoricain s'écartent fréquemment du type classique. Ils sont caractérisés par une teneur particulièrement élevée en matière organique, dont la migration en profondeur débute alors que la teneur en argile des horizons lessivés peut être encore élevée ; il se constitue ainsi un horizon d'accumulation humifère, ce qui nous a fait adopter le nom de *sols podzoliques humiques* pour ces sols. Le rapport de podzolisation oscille entre 2 et 5.

(1) En raison de la richesse particulièrement élevée de la plupart des sols bretons en matière organique et souvent en argile, le dosage de la matière organique par simple calcination est fréquemment imprécis. Dans la plupart des cas, il a été complété et vérifié à l'aide du dosage par le permanganate de la matière organique humifiée, soluble dans la potasse étendue. (Voir les méthodes d'analyses, chapitre I de la première partie).

Nous en distinguerons deux types ; un premier type, sol podzolique de transition, à horizon lessivé très réduit, et à horizon B très faiblement humifère, que nous rattacherons au type V_2 (rapport de podzolisation-fer voisin de 3), et un second type à horizon A_2 continu de couleur grise à cendreuse, d'épaisseur encore faible, et à horizon d'accumulation riche en matière organique : nous le rattacherons au type V_1 (rapport de podzolisation-fer de l'ordre de 4).

Les Podzols, à l'inverse des sols podzoliques, ont leurs caractères habituels : l'horizon A_0 très épais, horizon A_2 développé, cendreux (podzols humoferrugineux) ou gris (podzols humiques). Le rapport de podzolisation fer dépasse généralement 5 ; les Podzols qui prennent naissance sur les pentes bien drainées sont du type *humo-ferrugineux,* ceux que l'on observe en terrain plat et mal drainé appartiennent à la catégorie des *podzols humiques;* dans ce cas, un horizon d'alios peut apparaître par concrétionnement de l'ensemble de l'horizon illuvial.

Des sols d'humus acide (T_1) existent aussi sur les affleurements en saillie des roches dures, alors que les sols tourbeux (T_2), se rencontrent dans les fonds et dépressions mal drainés.

Les facteurs qui interviennent dans l'évolution des sols du secteur armoricain sont assez complexes : l'influence, toujours essentielle, de la roche-mère, est modifiée de façon variable par la topographie qui a une grande importance. Quant à la végétation, on ne peut comprendre son action, que si l'on fait intervenir celle du climat qui est, nous l'avons vu, particulièrement humide et peu ensoleillé.

a) Influence de la nature de la roche-mère

Toutes les roches dures, consolidées, sont, dans l'ensemble, peu perméables, ce qui a pour effet de freiner le lessivage, tout au moins le lessivage vertical ; il est vrai que sur les pentes assez fortes, ce phénomèn est compensé par le *lessivage oblique* dans le sens de la pente. Mais on peut constater qu'en règle générale, sur les affleurements imperméables et horizontaux, il n'apparaît pas de vrai podzol.

De toutes les roches que nous avons étudiées, seuls les grès et les quartzites donnent par désagrégation physique, un sol sableux, relativement perméable, au moins superficiellement : c'est sur cette roche-mère que nous avons pu observer des podzols typiques, même sur des affleurements horizontaux, tels que les grès de May, des Landes de Lessay, où existent de véritables profils de podzol à Alios.

En règle générale, le lessivage plus ou moins accentué des sols est lié à trois propriétés essentielles de la roche-mère :

La perméabilité superficielle, dont nous venons de parler, qui est maxima pour les grès et quartzites, assez élevée pour les arènes de décomposition des granites, faible pour les schistes: elle joue surtout pour les sols horizontaux ou à faible pente.

La richesse en minéraux silicatés, inaltérés, qui est beaucoup plus élevée, cela va sans dire, pour les roches cristallines que pour les grès. Aubert et Betremieux [21] ont constaté que l'évolution des sols sur roches cristallines était particulièrement lente, en raison de la réserve de minéraux inaltérés qu'ils contiennent et qui les alimente de façon progressive et continue en colloïdes minéraux et en cations.

La dureté de la roche-mère, joue un rôle capital sur les pentes; les roches les plus dures, tels que les granites ,les quartzites, qui résistent à l'érosion, peuvent évoluer normalement et donner naissance à des sols souvent podzolisés; par contre, les roches plus tendres, les schistes, sont rapidement affouillés et érodés, ce qui provoque, comme Franc de Ferrières [89] l'a constaté, un rajeunissement constant du sol qui se reforme aux dépens de la roche-mère et ne peut évoluer: sur de telles roches, les sols sont toujours peu lessivés. La fréquence des sols peu lessivés sur les schistes bretons a conduit Agafonnof [6] à classer l'ensemble du massif armoricain dans les régions à sols azonaux dominants.

Si l'on classe les roches-mères, en rapport avec la vitesse de leur lessivage, on obtient l'ordre suivant: les quartzites qui portent les sols les plus lessivés et qui sont les seules roches sur lesquelles on observe de véritables podzols; les granites, qui franchissent rarement le stade podzolique; enfin les schistes qui restent le plus souvent à l'état de sols bruns ou lessivés.

Nous résumerons dans le tableau suivant la relation qui s'observe entre les degrés de lessivage et la nature de la roche-mère:

Roches-mères	Sols bruns et lessivés		Sols podzoliques		Podzols
Rapport de podzolisation-fer ..	1 à 1,5	1,5 à 2	2 à 3	3 à 5	5
Schistes	U, N_2	N_1	(V_2)		(T)
Roches cristallines	N_2	N_1	V_2	V_1	(P) (T)
Grès et Quartzites		N_1	V_2	V_1	P (T)

Notons également que dans les fonds mal drainés sur toutes catégories de roches s'observent des sols de types tourbeux (T_2) ; les sols d'humus acide (T_1) sont, au contraire, localisés dans les zones en relief.

b) Influence de la topographie

Nous y reviendrons longuement, ultérieurement, à propos du *lessivage oblique ;* signalons dès à présent que le lessivage est toujours plus accentué au sommet des pentes qu'à la base et qu'il progresse du haut vers le bas. Une forte pente favorise la podzolisation des roches les plus résistantes à l'érosion (quartzites et granites), puisqu'elle provoque l'entraînement des éléments fins, ne laissant sur place que le squelette. Par contre, elle ralentit le lessivage des roches tendres (schistes), en raison du rajeunissement constant des sols, opéré par l'érosion.

c) Action de la végétation et du climat

Comme dans le secteur ligérien, on peut opposer l'action favorable de la forêt, à l'influence de la Lande qui favorise le lessivage par l'humus acide auquel elle donne naissance. Mais, ce qu'il est important de noter, c'est que l'action de podzolisation chimique exercée par les espèces génératrices d'humus acide, est ici considérablement aggravée par l'humidité du climat qui freine toute activité biologique : la matière organique est ainsi très lente à se décomposer. Le Hêtre, qui dans le secteur ligérien, donne par décomposition de sa couverture morte de l'humus doux, est acidifiant dans le secteur armoricain en raison de l'extrême lenteur de la décomposition de ses feuilles (voir troisième partie, tableau XXV). Nous l'avons constaté en certains points de la forêt du Cranou et d'Ecouves, où le hêtre est abondant, et où les couches humifères superficielles atteignent parfois de grandes épaisseurs.

Tous les types de sol, nous l'avons vu, sont à degré de podzolisation équivalent, plus humifères que les sols correspondants du secteur ligérien ; les Ericacées et les pins en particulier donnent naissance à des quantités considérables d'acides humiques, qui provoquent un lessivage du substratum particulièrement rapide : ce phénomène a d'ailleurs été constaté par Dubois [67] pour les tourbières qui offrent une « activité » exceptionnelle, près de trois fois plus intense que dans le reste de la France (1 mm. 68 par an).

On peut donc affirmer que le climat du secteur armoricain, très humide et faiblement ensoleillé, surtout en Basse-Bretagne et dans le Cotentin, favorise doublement la podzolisation. Il exerce d'abord une

action directe, le drainage l'emportant de beaucoup sur l'évaporation en toutes saisons. Il exerce aussi une *action indirecte*, au moins aussi importante que la première, par l'accumulation de matières organiques qu'il provoque.

d) Action de l'homme

La destruction de la forêt par l'homme, date d'après Dubois [66-67], du Néolithique : à partir de cette époque, la quantité de pollens forestiers diminue progressivement dans les tourbières. Le remplacement de la forêt par des associations dégradées et enfin par la lande, a dans l'ensemble, considérablement accéléré la podzolisation, elle l'a même provoquée en bien des points. Par contre, on peut affirmer que dans certaines landes, l'action humaine joue au contraire le rôle d'un frein à l'égard du lessivage du sol, par la pratique de l'*étrépage*, c'est-à-dire, l'extraction de la lande et de la litière superficielle à l'aide d'un instrument spécial, et par les *incendies* de lande provoqués ; par ce double moyen, il y a destruction de la matière organique, accompagnée dans l'étrépage d'une sorte de labour superficiel, qui favorise l'activité bactérienne, et élimine les espèces les plus acidifiantes (les bruyères), au profit d'espèces véritablement améliorantes, telles que l'ajonc (*Ulex Europæus*) ; de telles pratiques freinent incontestablement l'évolution du sol.

3° LES ASSOCIATIONS FORESTIÈRES

Elles offrent aussi un contraste frappant avec les associations du secteur ligérien. La Chênaie neutrophile fait presque entièrement défaut en Bretagne, et la Chênaie typique à humus doux y est rare : le Climax semble être une Chênaie-Hêtraie acidophile, avec quelques éléments d'humus doux, sur un sol dont le pH oscille autour de 5-5,2. Le Charme est d'ailleurs absent de la Basse-Bretagne, bien qu'il semble avoir existé autrefois (Dubois [66]). Sans doute n'a-t-il pu résister à l'acidité superficielle accentuée du sol, et au caractère trop atlantique du climat.

Pour expliquer dans leurs grandes lignes la nature et la répartition des associations, il nous faut faire appel aux facteurs climatiques, édaphiques, et à l'action humaine.

a) Le climat

L'extrême humidité du climat breton, indiquée par les hauts quotients pluviothermiques et l'état hygrométrique toujours élevé, explique

les nombreuses particularités des associations du secteur armoricain : ces particularités s'affirment d'autant plus nettement que l'on progresse de la Haute-Bretagne vers la Basse-Bretagne, ou vers l'extrémité du Cotentin : dans ces régions, le quotient pluviothermique dépasse 160 et atteint souvent 200 ; elles s'atténuent au contraire dans le bassin de Rennes, qui par son quotient assez faible (115), se rapproche des conditions du secteur ligérien.

Une première remarque s'impose, c'est la fréquence des espèces exigeantes quant à l'humidité atmosphérique : le Hêtre (*Fagus sylvatica*) est très abondant dans la Basse-Bretagne, par contre, il est plus disséminé vers l'Est et en particulier dans le Bassin de Rennes ; grâce à l'humidité atmosphérique et à la forte nébulosité, il peut croître à l'état isolé, dans les haies, fait qui ne s'observe dans aucune autre région de France. Les *Bryophytes* sont particulièrement abondantes ; dans certaines forêts, elles constituent un tapis continu sur le sol et même sur les troncs des arbres, au point qu'on peut parler d'une véritable *Chênaie à mousses,* type d'association peu fréquent dans le bassin de la Loire. Il est inutile d'insister sur l'abondance des espèces atlantiques, ou boréales-montagnardes, dont il a été question dans la première partie : certaines jouent un rôle essentiel dans la physionomie qu'elles confèrent à la lande bretonne, telles que *Ulex Galii, Agrostis setacea, Erica ciliaris,* surtout (1).

D'autres au contraire, caractérisent la forêt armoricaine : par exemple, *Sorbus aucuparia,* et *Vaccinium Myrtillus,* cette dernière espèce abondante dans les forêts ayant subi un début de dégradation.

Enfin, il est nécessaire de signaler un fait biologique particulièrement significatif : nombre d'espèces végétales, qui, dans le secteur ligérien, sont localisées exclusivement sur sols humides, et mal drainés, peuvent au contraire végéter sur des sols filtrants, bien drainés, dans le secteur armoricain ; pour ces espèces, il y a, en quelque sorte, compensation entre le drainage du sol et l'humidité de l'air. Citons, à ce point de vue, *Molinia cærulea,* presque constante dans les landes sur quartzites de la Basse-Bretagne. Le bouleau pubescent (*Betula pubescens*), rare dans le secteur ligérien, où il n'existe que dans les stations humides et tourbeuses, est déjà beaucoup plus abondant dans l'Orne et le bassin de Rennes, où on le trouve à égalité avec le Bouleau verruqueux (*Betula verrucosa*) ; il se généralise et devient exclusif en toute station, drainée ou non, dans la Basse-Bretagne.

(1) Il faut noter que cette dernière espèce est absente du Cotentin et de la région d'Ecouves, situés en dehors de son aire.

b) Le sol

Comme dans le secteur ligérien, les trois groupes fondamentaux d'associations forestières, semblent liés aux trois grandes catégories de sols : la Chênaie acidophile, ou à tapis de mousses, occupe en effet les sols bruns et les sols lessivés ; les sols podzoliques caractérisent la Chênaie dégradée, plus ou moins clairiérée. Enfin, les podzols sont le domaine de la lande.

Il y a, à cette règle générale, plusieurs exceptions : c'est ainsi que sur sols bruns ou lessivés, sur schistes, on trouve des landes qui résultent de la destruction plus ou moins brutale de la forêt sous l'action des facteurs biotiques et humains. Ces landes diffèrent par de nombreux caractères écologiques et phytosociologiques des landes sur podzol ; alors que ces dernières sont stables et ne semblent pouvoir retourner facilement à l'état boisé, il n'en est pas de même des premières, qui se reboiseraient sans doute naturellement, sans l'intervention constante de l'homme.

Les forêts également manifestent une stabilité très variable, selon le mode de traitement d'abord, — nous y reviendrons ci-dessous —, et également selon la nature de la roche-mère et les conditions topographiques. Il est bien évident que plus la roche-mère se lessive et se podzolise facilement, plus la forêt montre de tendances à se dégrader : cette tendance à la dégradation est extrême sur les crêtes gréseuses, déjà moindre sur les reliefs granitiques. De même, dans les bas-fonds et les dépressions, la forêt est exposée à dépérir du fait du danger du relèvement du plan d'eau et à évoluer vers la lande tourbeuse. Par contre, elle résiste plus facilement aux causes perturbatrices, sur les pentes schisteuses, suffisamment drainées.

c) Le facteur humain

Comme nous l'avons signalé à propos des sols, l'action destructrice de l'homme s'est exercée depuis le néolithique, sur l'ensemble des forêts bretonnes : il en est résulté l'existence de grandes surfaces de landes d'origine artificielle, sur des sols bruns à vocation forestière ; les pratiques déjà signalées d'étrépage, d'écobuage, accompagnées du pâturage régulier de ces landes, empêchent toute réinstallation de la forêt.

Quant aux forêts qui subsistent, c'est par le mode de traitement que l'homme influence actuellement leur évolution. Le traitement en futaie, confère à la forêt son maximum de stabilité : celle-ci se rapproche alors du type climacique, et ses essences les plus caractéristi-

ques sont le Hêtre, le Chêne Rouvre, accompagnés d'If et de Houx en sous-bois. Mais le traitement en taillis, particulièrement fréquent, modifie considérablement la composition de la forêt et favorise le plus souvent sa dégradation : le Chêne Rouvre est remplacé peu à peu par le Chêne pédonculé et cela d'autant plus que l'état est plus clair et la lumière plus intense ; le Bouleau (*Betula pubescens*) se multiplie ; *Pteris Aquilina* et *Vaccinium Myrtillus* envahissent les coupes et ouvrent le chemin aux bruyères ; le passage à la lande s'effectue ainsi, et d'autant plus rapidement que les coupes du taillis sont plus rapprochées.

Il faut, dès maintenant, signaler une importante exception : c'est le cas des taillis maintenus par les forestiers sur certaines crêtes gréseuses qui ont une tendance nette à se podzoliser ; grâce au traitement en taillis et au prix de certaines précautions, la forêt a pu se maintenir sur des sols où la régénération par graine est presque impossible : nous reviendrons sur cette question dans la conclusion de ce chapitre.

II. — Les sols bruns et les sols lessivés

1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS

Malgré l'humidité du climat, ces sols sont fréquents en Bretagne. On les rencontre sur presque toutes les pentes schisteuses soumises à l'érosion, ainsi que sur la plupart des pentes granitiques ou gneissiques. Ils sont très rares sur les grès et les quartzites, où on ne les trouve que dans les zones plus sèches (bassin de Rennes), ou bien au bas de pentes où ils bénéficient de l'apport de colloïdes argileux par lessivage oblique.

Ce sont les sols *jeunes,* qui n'évoluent pas sur les schistes en raison de leur rajeunissement constant par l'érosion, ou qui n'évoluent que lentement sur les granites, ce qui leur permet, lorsque la forêt n'est pas détruite artificiellement, de conserver leurs caractères et de montrer une certaine stabilité.

L'aspect du profil est variable suivant sa position topographique : sur les pentes, l'horizon d'accumulation est inexistant ou peu distinct de la roche-mère en voie d'altération, avec laquelle il se confond : la comparaison de la teneur en argile aux différentes profondeurs est alors sans grand intérêt. Au contraire, à la base des pentes ou dans les fonds, il peut se constituer par enrichissement en argile, grâce au lessivage oblique, un véritable horizon B, compact, qui prend souvent le faciès Gley. Quant à la teneur en calcium échangeable, elle reste toujours faible. C'est surtout d'après la teneur en matière organique des

horizons humifères superficiels et leur épaisseur, que nous avons pu classer les sols bruns bretons en deux catégories : les sols faiblement humifères, que nous avons rapprochés du type N_2, dans le secteur ligérien, et les sols très humifères, rattachés au type N_1 (sols lessivés) (types I et II de la planche XV).

L'humus doux typique, c'est-à-dire l'humus résultant d'une décomposition rapide de la matière organique, est très rare dans le secteur armoricain : le pH oscille entre 5 et 5,2, il est même souvent plus élevé, mais le climat interdit une humification et une minéralisation rapides de la couverture morte : il est à noter que lorsque la matière organique s'accumule en surface en un horizon A_0 épais, le pH ne diminue pas pour autant. Il augmente même parfois (sols 2111, 2123, 2124). Cela prouve que la propriété essentielle qui différencie humus brut et humus doux, n'est pas l'acidité, mais bien la vitesse de décomposition et de minéralisation. Il est à noter à ce sujet que le rapport C/N semble caractériser les types d'humus beaucoup mieux que le pH. Nous étudierons plus en détail cette question dans la troisième partie, et donnerons dans le tableau XXV, les valeurs de ce rapport pour certains sols étudiés.

A part certaines exceptions, observées sur les roches-mères qui n'évoluent pas (schistes), l'association caractéristique des sols bruns est la Chênaie acidophile, qui, dans les meilleures conditions, c'est-à-dire, lorsque la décomposition de la couverture morte est suffisamment active, se complète par l'existence de quelques éléments d'humus doux les plus plastiques au point de vue acidité. Si nous ne trouvons guère la Chênaie à humus doux classique (le Charme est d'ailleurs absent), nous rencontrons donc une forme de transition déjà signalée dans le secteur ligérien ; c'est une forêt dense, toujours traitée en futaie ou en taillis sous futaie, à nombreuses réserves.

Cette Chênaie acidophile prend sur les sols plus riches en humus et plus lessivés, un faciès particulier caractérisé par l'abondance des mousses et la disparition complète des éléments d'humus doux.

2° LES SOLS BRUNS FAIBLEMENT HUMIFÈRES (RATTACHÉS AU TYPE N_2)

Ces sols caractérisent les vieilles futaies qui se rapprochent semble-t-il du climax forestier breton : on les rencontre sur granite, ou sur schistes parfois mélangés plus ou moins d'éléments gréseux, mais *jamais sur quartzites ou grès à l'état pur*. Ils sont localisés de préférence soit le long des pentes, où l'érosion les maintient à l'état jeune,

soit à la base des pentes où ils bénéficient au contraire de l'apport des éléments fins venant des niveaux supérieurs ; on les trouve rarement sur les crêtes ou sur les croupes, stations plus lessivées en général ; dans les bas-fonds, mal drainés, au contraire, ils ont tendance à se transformer en sols tourbeux.

Sur les fortes pentes, il n'y a pas d'horizon B, et si on compare la teneur en fer libre de l'horizon A_1 humique, à la partie inférieure de l'horizon A_2 de couleur brune, on ne trouve en général que de faibles différences. Le rapport de podzolisation reste voisin de 1. Par contre, dans les dépressions, à la base des pentes plus fortes, il peut se constituer par apports d'argile et de fer venant par lessivage oblique des niveaux supérieurs, de véritables horizons d'accumulation argileuse, prenant parfois l'aspect du Gley.

Les horizons humifères superficiels (A_0 et A_1) sont toujours assez réduits et le pH de A_1 oscille entre 5 et 5,2 : il peut être plus élevé au bas des pentes dans les zones enrichies par lessivage oblique en éléments basiques.

a) Associations types (Tableau XI)

C'est une *Chênaie acidophile* ou une *Chênaie-Hêtraie acidophile*, caractérisée par la présence, en faible quantité, d'éléments d'humus doux les plus plastiques : cette Chênaie fait ainsi transition avec certains faciès de la Chênaie à Charme (*Querceto-carpinetum*) décrite à propos du secteur ligérien. Mais le Charme est absent, sauf dans certaines parties de la Haute-Bretagne (région de Rennes).

Cette Chênaie dense est presque toujours traitée en *futaie*, ou en *taillis sous futaie* à réserves denses ; la strate arborescente forme donc un couvert presque continu : elle est caractérisée par la dominance de deux essences principales, le Chêne Rouvre (*Quercus sessiliflora*) et le Hêtre (*Fagus sylvatica*), cette dernière espèce surtout abondante dans les parties les plus humides de la Basse-Bretagne, où elle peut l'emporter sur le Chêne, comme dans la forêt du Cranou (Finistère), où elle forme, dans l'ensemble de la forêt, les trois quarts du couvert. Notons également la présence, à l'état sporadique, du Sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*), du Châtaignier, qui, dans le massif armoricain, se comporte en bel arbre de futaie, enfin, l'If (*Taxus baccata*), élément caractéristique des forêts bretonnes, comme l'a signalé A. Chevalier [47-48].

Parmi les morts-bois, la Ronce est constante et abondante et le Houx (*Ilex Aquifolium*) presque constant.

TABLEAU XI. — SECTEUR ARMORICAIN - CHÊNAIE-HÊTRAIE ACIDOPHILE

Stations	211	212	213	214	215	216	217	218
STRATE ARBORESCENTE								
Quercus pedunculata	.....	.....	.....	2 3	.....	.....	.....	.....
Q. sessiliflora	4 5	3 3	2 1	3 3	.....	2 1	.....	3 3
Fagus sylvatica	2 2	4 3	3 3	.....	4 5	3 3	4 4	3 3
Betula pubescens	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1 1	.....
Taxus baccata	.....	.....	.....	2 1	.....	.....	.....	.....
Sorbus aucuparia	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....
Castanea vesca	.....	.....	1 1	+	.....	.....	.....	.....
CARACTÉRISTIQUES D'HUMUS DOUX								
Milium effusum	2 1	.....	+	.....	.....	3 2	+	.....
Melica uniflora	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	1 1
Oxalis acetosella	+	.....	.....	.....	.....	1 3	3 4	.....
Polygonatum multiflorum	+	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
Stellaria holostea	2 2	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
Hedera Helix	2 1	.....	2 2	+	1 1	.....	3 4	2 1
Lamium Galeobdolon	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	+
Euphorbia sylvatica	.....	.....	.....	+	+	.....	.....	.....
Polystichum felix-mas	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
Polystichum spinulosum	.....	.....	.....	.....	.....	+	+	.....
Athyrium felix-femina	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
Atrichum undulatum	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Mnium undulatum	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Deschampsia flexuosa	.....	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Festuca capillata	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Holcus mollis	.....	.....	+	1 3	2 3	2 3	2 1	4 2
Agrostis vulgaris	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	+
Ilex Aquifolium	+	1 1	2 1	.....	.....	+	+	2 3
Ruscus aculeatus	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Rubus fruticosus	2 1	+	2 1	4 5	2 3	3 3	2 2	3 1
Sorothamnus scoparius	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Conopodium denudatum	.....	.....	.....	.....	+	.....	+	.....
Lonicera periclymenum	1 1	.....	1 1	1 1	2 1	2 1	.....	2 1
Hypericum pulchrum	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Vaccinium Myrtillus	.....	.....	.....	1 3	.....	+	.....	.....
Teucrium Scorodonia	.....	.....	2 1	.....	+	.....	.....	.....
Melampyrum pratense	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Pteris Aquilina	+	.....	.....	.....	1 1	+	.....	+
Leucobryum glaucum	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Polytrichum formosum	.....	+	+	.....	+	.....	+	.....
Dicranum scoparium	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Thyidium Tamariscinum	.....	+	+	.....	+	+	+	.....
Rhytidiadelphus Triqueter	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

COMPAGNES

Carex lævigata	.....	.....	.....	+	.....	.....	+	.....
Deschampsia cæspitosa	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+
Buxus sempervirens	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	+
Rubia peregrina	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Viburnum Opulus	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....
Blechnum Spicant	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1 3	.....

Comme espèces caractéristiques d'humus doux, signalons la présence du lierre (*Hedera Helix*), de *Melica uniflora, Milium effusum,* ainsi que d'*Oxalis acetosella,* plante exigeante en humidité atmosphérique et qui traduit une acidification déjà assez accentuée.

La flore classique de la Chênaie acidophile est très complète; elle comprend les mêmes espèces que dans le secteur ligérien, accompagnées de certains éléments atlantiques, tels que *Conopodium denudatum.* Une des espèces de cette flore acidophile présente un intérêt particulier: c'est *Holcus mollis* qu'on ne trouve pas sur les pentes schisteuses drainées (stations 211 à 213), mais qui abonde dans les zones mal drainées à pente faible (stations 214 à 218). On peut ainsi définir un *faciès à houlque* de la Chênaie acidophile, bien représenté en Bretagne sur les sols frais et où il est également favorisé par la grande humidité atmosphérique. Ce faciès a été décrit dans le Perche par Lemée [**144**], sous le nom de *Querceto-holcetum mollis;* les deux faciès s'observent sur des sols un peu différents que nous décrivons ci-dessous.

Le Tableau XI donne les relevés des principales stations étudiées:

Station 211. — Schistes du dévonien inférieur (d^1). Forêt de Lorge (Côtes-du-Nord). Parc du Château, pente presque nulle.

Station 212. — Schistes d'Angers. Forêt d'Ecouves (Orne). Parcelle L 2, quatrième série; pente moyenne.

Station 213. — Granite. Forêt de Carnoët (Finistère). Canton du Buis. Forte pente sur la Laïta.

Station 214. — Schistes du dévonien inférieur (d^1). Bois situé sur la route de Châteauneuf du Faou, à Scaer, au croisement de la route de Laz (Finistère). Pente très faible.

Station 215. — Granite. Hêtraie du Perche près de Quintin (Côtes-du-Nord). Pente moyenne (20 %), exposition nord.

Station 216. — Schistes et quartzites de Plougastel (d^1). Forêt du Cranou. Pente faible, au pied de la forte pente du canton de Loabou.

Station 217. — Schistes et quartzites de Plougastel. Forêt du Cranou. Canton du Loabou, station voisine, à pente presque nulle.

Station 218. — Granite. Forêt de Carnoët (Finistère). Canton des Grands Buis. Pente très faible à la base d'une forte pente.

b) Profils et analyses (planche XV, type I)

On peut distinguer deux types de sols distincts, correspondant, le premier, à la Chênaie acidophile proprement dite et localisé sur les pentes bien drainées, le second, correspondant à la *Chênaie à Holcus mollis*, localisé à la base des pentes en zones peu drainées. Les deux profils sont caractérisés par des horizons humifères peu développés : l'horizon A_0 est inexistant ou réduit à quelques centimètres, l'horizon A_1 est lui-même peu épais.

Dans les stations en pente et drainées, le sol est superficiel, riche en cailloux, et l'horizon A_2 se confond rapidement avec un horizon C incomplètement décomposé.

Au contraire, dans les stations de fonds de vallons mal drainées, le sol est plus profond, beaucoup plus pauvre en cailloux, et il présente un horizon d'accumulation d'argile et de fer, présentant souvent le faciès Gley.

Premier type de profil (Chênaie acidophile normale - profils 211 à 213) :

A_1	Horizon humifère grisâtre.
— 3 à — 5.	
A_2	Horizon ocre brun ; limoneux plus ou moins caillouteux.
— 20 à — 40.	
C	Roche-mère en décomposition. Très caillouteux.

Deuxième type de profil (Chênaie à houlque - profils 214 à 218) :

A_0	
— 2 à — 3	
A_1	Gris humifère.
— 5 à — 10.	
A_2	Horizon ocre brun, en général peu caillouteux.
— 30 à — 40.	
B ou G	Plus argileux compact (parfois à taches grises sur fond rouille = tendance au Gley).

Seules les analyses des sols du second type indiquent un certain enrichissement en argile en profondeur :

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H^2O	Mat. org.	Fer libre	Chaux éch.
*Premier type**									
Station 211 :									
A_1	5,2	(*)	(*)	(*)	(*)	3,9	19,5	0,92	
A_2	5,6	15,5	18,3	49,1	12,7	1,7	2,7	1,40	1,0
C	5,6	17,6	12,0	48,0	17,7	2,9	1,8	0,65	1,0
Station 212 :									
A_1 - A_2 ...	5,6	25,5	27,1	22,3	16,5	2,5	6,1	1,00	0,5
C	5,4	22,5	26,1	26,2	20,5	1,6	3,1	1,00	0,4
(Index des minéraux basiques - horizon B : 88 %).									
Station 213 :									
A_2	5	13,3	13,3	21,2	44,5	1,9	5,8	(*)	(*)
BC	5,4	11,2	15,0	26,0	43,0	1,8	3,0	(*)	(*)
Deuxième type (sol à Gley)									
Station 214 :									
A_2	5,8	11,7	21,5	25,9	35,5	1,7	3,7	(*)	(*)
G (sommet).	5,6	16,2	33,0	38,2	10,0	1,0	1,6	(*)	(*)
G (base) ..	5,2	16,8	25,0	28,7	23,5	2,0	4,0	(*)	(*)
Station 216 :									
A_1	5	19	24,7	22,1	8,0	3,5	22,7	(*)	0,9
A_2 - B	5,2	23,8	17,7	34,8	14,2	2,5	7,0	0,53	1,3
(Index des minéraux lourds de A_2 - B : 46 %).									
Station 218 :									
A_2	5,4	15,2	15,0	31,1	32,5	2,5	3,7	0,32	1,1
G	5,6	26,0	21,0	4,8	47,2	1,0	0	0,43	1,3

* Non dosés.

(1) Voir pour certains de ces sols, le rapport C/N, tableau XXV, 3e partie.

On constate que les sols du premier type présentent parfois une diminution du taux de l'argile et du fer lorsqu'on passe de l'horizon A_2 à l'horizon BC, ce qui prouve une altération moindre des minéraux dans ce dernier horizon.

Au contraire, dans le second type, il existe une augmentation sensible de la teneur en argile et en fer en profondeur ; il ne faut pas en déduire que ce type de sol soit plus lessivé que le précédent : il semble en effet qu'une grande partie de l'argile que contiennent ces sols provient en réalité des niveaux supérieurs par lessivage oblique.

3° LES SOLS LESSIVÉS, RICHES EN MATIÈRE ORGANIQUE (TYPE N_1)

On les observe le plus souvent dans les Chênaies non dégradées ou faiblement dégradées, dont le sol est recouvert par un tapis continu de mousses. Ils sont localisés presque exclusivement sur schistes (ou grès schisteux) et sur granites dans la Basse-Bretagne ; nous ne les avons rencontrés sur grès très purs (exclusivement quartzeux) que dans les parties les plus sèches de Bretagne (Forêt de Saint-Aubin du Cormier, bassin de Rennes, stations 2111 à 2113). Ils se trouvent en général sur des pentes plus ou moins fortes, en stations bien drainées

En stations horizontales, ou dans les dépressions mal drainées, ces sols sont en équilibre instable : ils évoluent rapidement lorsque la strate arborescente vient à s'éclaircir, vers un sol tourbeux, par suite du défaut d'aération favorisant le développement des *Sphagnum,* et l'accumulation massive de matière organique en surface : on trouve ainsi de fréquents cas de transition entre ces sols peu lessivés et les sols tourbeux proprement dits (exemple : dépression située au pied de la pente du Loabou en forêt du Cranou (Finistère).

Dans l'ensemble, les sols lessivés sur pente sont encore des sols jeunes. L'horizon illuvial argileux est absent et l'horizon A_2 de couleur ocre brune se confond à une faible profondeur avec la roche-mère en voie de décomposition (horizon C). Ces sols sont cependant très riches en matière organique, mais celle-ci reste superficielle et ne migre pas, ou faiblement. L'horizon A_0, d'humus brut, holorganique, est toujours présent et peut avoir une épaisseur supérieure à 5 cm. ; en dessous, on trouve un horizon A_1 de plus de 10 cm., également très riche en matière organique ; si on compare les horizons A_1 et A_2, on constate souvent qu'une certaine proportion de fer libre a été entraînée (rapport de podzolisation fer pouvant atteindre 2), ce qui nous a fait classer ces sols dans la catégorie des sols lessivés (N_1). Le pH est souvent plus élevé que dans la catégorie précédente, malgré la teneur plus forte en humus ; quant au calcium échangeable, sa teneur est toujours faible, et ne s'élève guère au-dessus de 1 milliéquivalent gr pour 100.

a) Les associations types

La Chênaie-Hêtraie à Mousses (Tableau XII)

L'association la plus communément répandue sur ces sols est une Chênaie-Hêtraie franchement acidophile, dont le tapis végétal, réduit à un nombre restreint d'espèces, est essentiellement composé de mousses : *c'est la Chênaie-Hêtraie à Mousses.*

TABLEAU XII. — SECTEUR ARMORICAIN - CHÊNAIE-HÊTRAIE A MOUSSES

Stations	219	2110	211	2112	2113	2114	2115
STRATE ARBORESCENTE							
Quercus pedunculata	3 3	2 2					
Q. sessiliflora	+		3 4	4 4	3 3	2 1	2 1
Fagus sylvatica	2 1	2 2	3 2	+	3 3	3 3	4 4
Sorbus aucuparia							+
Castanea vesca						+	
MOUSSES CARACTÉRISTIQUES							
Rhytidiadelphus triqueter	+	3 3		+		4 2	5 5
R. loreus	5 5			3 2	3 3	2 1	+
Plagiothecium undulatum					+		
Hypnum Schreberi			2 3				
Dicranum Scoparium						1 3	
Leucobryum glaucum		2 2	3 2	1 3		2 2	
Polytrichum formosum	1 1				1 1		
Thyidium tamariscinum	1 1			1 2			+
AUTRES CARACTÉRISTIQUES							
Vaccinium Myrtillus	2 3	3 3			+		1 3
Pteris Aquilina			2 1		+	+	+
Rhamnus Frangula						+	1 1
Calluna vulgaris			2 2				
Molinia cærulea			2 1				
CARACTÉRISTIQUES DE LA CHÊNAIE ACIDOPHILE							
Ilex Aquifolium					3 2	2 3	1 2
Rubus sp.	+				2 1		
Lonicera periclymenum					1 1	+	+
Luzula maxima						+	
COMPAGNES							
Hedera Helix	1 1				2 1	1 1	1 1
Anemone nemorosa	1 1						
Blechum Spicant					2 2		
SEMIS							
Semis Quercus		1 1	2 1				

La forêt, toujours traitée en futaie, est encore constituée en majeure partie de Hêtre et de Chêne Rouvre, pour l'étage dominant. Mais en sous-étage la végétation est réduite ; à part le lierre, la flore d'humus doux a disparu complètement ; la flore classique de la Chênaie acidophile ne comprend que peu d'espèces ; le Houx (*Ilex Aquifolium*) et le chèvrefeuille (*Lonicera periclymenum*) subsistant presque seuls.

L'élément caractéristique est essentiellement le tapis de mousses composé principalement de *Rhytidiadelphus triqueter, R. loreus, Plagiothecium undulatum* et souvent *Leucobryum glaucum.*

La présence de *Vaccinium Myrtillus* et *Pteris Aquilina,* plus abondants en général que dans l'association précédente, annonce un début de dégradation. Il est probable que des trouées faites dans l'étage dominant amèneraient la multiplication de ces espèces, et provoqueraient ainsi le passage à la Chênaie dégradée à *Vaccinium Myrtillus* et à *Pteris Aquilina.*

Principales stations étudiées (Tableau XII) :

Station 219. — Schistes du dévonien moyen (d^2). Forêt du Cranou (Finistère). Maison forestière du Manoir ; pente moyenne.

Station 2110. — Schistes du dévonien moyen (d^2). Forêt de Huelgoat (Finistère). Canton de l'Aiguillon au Nord du chemin de la Coudray ; pente faible.

Station 2111. — Grès ordoviciens de Saint-Germain. Forêt de Saint-Aubin du Cormier (Ille-et-Vilaine). Base de la pente au pied du Rocher du Parc.

Station 2112. — Grès ordoviciens de Saint-Germain, même forêt. Canton de Charrière fleurie ; pente forte vers le Nord.

Station 2113. — Même station ; pente faible au pied de la pente précédente.

Station 2114. — Granites. Forêt de Carnoët (Finistère). Canton des Grands Buis ; pente forte vers le Sud.

Station 2115. — Gneiss granitoïde. Forêt de Camor (Morbihan). Station voisine de l'Arboretum de Camor, près de la gare de Camor ; pente très faible.

La Chênaie dégradée à Pteris Aquilina et à Vaccinium Myrtillus
(Tableau XIII, 2116 à 2120)

Cette association qu'on trouve le plus souvent sur sol podzolique, s'observe cependant sur sols bruns ou lessivés, lorsque, pour une des causes signalées plus haut, l'évolution du sol est freinée : c'est ce qui se produit sur les affleurements de schistes (Stat. 2118-2119) sur ceux de grès et schistes en mélange, ou de roches cristallines, dont le lessivage n'a pu se poursuivre en raison de la situation topographique de la station (soit par rajeunissement du sol, le long de pentes très fortes, soit au contraire en station horizontale, l'imperméabilité du substratum empêchant tout entraînement).

Les caractéristiques phytosociologiques de cette association sur sols bruns sont les mêmes que celles de la Chênaie à *Pteris Aquilina* et *Vaccinium Myrtillus*, sur les sols podzoliques : elles seront données simultanément (Tableau XIII).

Les principales stations observées sont les suivantes :

Station 2116. — Schistes et grès du Cambrien. Forêt d'Ecouves (Orne). Parcelle A 1, quatrième série ; pente assez forte.

Station 2117. — Schistes et grès de Camaret (S 3-4). Montagne Noire près de Kergoat ; pente nulle.

Station 2118. — Schistes du dévonien moyen. Forêt de Huelgoat (Finistère) ; pente à l'Est de la route de Roscoff à Lorient.

Station 2119. — Même roche-mère, même forêt. Carrefour de la route précédente et de la route de Huelgoat ; pente faible.

Station 2120. — Granite ; même forêt ; entrée de la forêt près de Huelgoat ; pente forte.

L'index des minéraux basiques pour les stations 2116 et 2117 indique une assez forte proportion de schistes, 32 % pour la station 2116 et 25 % pour la station 2117.

La Lande jeune, à Ericacées (*Lande non paraclimacique*) (1)
(Tableau XIV, 2121 à 2125)

Elle caractérise aussi exclusivement les sols sur schistes rajeunis par l'érosion (le long des pentes), ou qui ne se lessivent pas en rai-

(1) Voir troisième partie, chapitre III.

son de l'imperméabilité de la roche-mère (sols horizontaux) ; les cinq stations qui ont fait l'objet de relevés, sont localisées sur des schistes faiblement mélangés de grès (Index des minéraux basiques supérieur à 50 %).

De plus, la pratique de l'étrépage, dont nous avons déjà parlé et qui est constante sur les landes assez riches, a incontestablement freiné le lessivage du sol.

Les espèces caractéristiques de cette lande sont les mêmes que celles des podzols sur quartzites (*Erica ciliaris, Erica cinerea, Calluna vulgaris; Ulex Galii* favorisé par l'étrépage est particulièrement abondant). Mais il faut insister sur la présence constante dans cette association d'espèces caractéristiques de la Chênaie, qui ont disparu au contraire de la vieille lande sur podzol. Ces espèces de la Chênaie jouent véritablement le rôle d'espèces différentielles entre la lande jeune, sur sols bruns, et la vieille lande sur podzol : citons *Pteris Aquilina* surtout, ainsi que la Ronce, *Teucrium Scorodonia, Lonicera periclymenum*. Leur présence prouve qu'il s'agit d'une dégradation récente de la Chênaie, et que ce type de lande n'est pas un paraclimax. Il est probable que le retour à la Chênaie resterait possible spontanément sans l'intervention constante de l'homme.

Les relevés des cinq stations étudiées ont été portés sur le tableau XIV (Chênaie dégradée à Bruyères), en raison de la grande analogie de la composition floristique des deux associations, si l'on excepte la strate arborescente : celle-ci fait complètement défaut dans la lande que nous étudions.

Station 2121. — Schistes de Plougastel du dévonien inférieur (d^1). Montagne Noire ; cote 215 au Sud de Spezet.

Station 2122. — Schistes de Plougastel (d^1). Menez Grugeau, à 8 km. à l'Ouest de Saint-Rivoal ; pente très faible.

Station 2123. — Schistes de Plougastel (d^1). Lande au voisinage du Roc du Cragou dans les Monts d'Arrée ; pente nulle.

Station 2124. — Schistes de Plougastel (d^1). Lande plate près du Roc Trévezel (Monts d'Arrée).

Station 2125. — Schistes de Plougastel. Lande près du bois de Lestrezec dans les Monts d'Arrée.

Pour toutes ces stations, l'index des minéraux basiques est élevé : il atteint 75 pour la station 2121, 60 pour 2124 et 50 pour 2125.

b) Profil et analyses (Planche XV, type II)

La différence essentielle avec le profil du type N_2 consiste en un plus grand développement des horizons humifères.

A_0	Humus brut.
	— 5.
A_1	Horizon brun noirâtre très humifère.
	— 10 à — 20.
A_2	Horizon ocre brun, limoneux, plus ou moins caillouteux.
	Profondeur variable.
C	Même couleur, très caillouteux, fragments de roches-mères inaltérées.

Les seules variations à signaler sont les suivantes :

Le sol de la station 2113, est un sol brun peu lessivé (aucun lessivage du fer libre), et il faut le rattacher à la catégorie N_2 : cela s'explique par la position topographique de cette station en contre-bas d'une pente forte qui a permis son enrichissement par lessivage oblique, et aussi par le climat moins humide de la région (bassin de Rennes).

Au contraire, les sols des stations 2115 et 2123, caractérisés par l'apparition de petites taches plus claires dans l'horizon A_1 et par un lessivage de fer un peu plus accentué (station 2123) font transition avec les sols podzoliques, étudiés dans le paragraphe suivant.

Analyses

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Mat. org. humifiée	Fer libre	Chaux éch.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1° *Chênaie-Hêtraie à Mousses*										
Station 219 :										
A_1	5,2	20,5	20,7	15,8	23,5	3,0	16,5	15,5	0,33	
A_2	5,6	25,5	27,5	14,8	22,5	2,5	7,2	6,9	0,57	
Station 2111 :										
A_1	6,0	10,7	23,5	51,8	9,0	1,2	4,0			
A_2	5,8	11,8	35,8	40,9	8,7	1,0	1,8			
Station 2112 :										
A_1	5,6	10,5	20,6	52,2	7,0	1,8	7,9		0,41	1,1
A_2	5,4	11,2	21,2	56,6	6,5	1,4	3,1	1,2	0,47	1,4

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Mat. org. humifiée	Fer libre	Chaux éch.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 2113:										
A_2	5,8	15,8	20,8	55,2	5,0	1,4	1,8		0,63	1,1
C	5,6	15,2	23,0	55,8	3,7	1,3	1,0		0,54	1,0
(Pour ces deux sols l'index des minéraux basiques de 0,2 à 3 % indique une roche-mère exclusivement quartzeuse).										
Station 2114:										
A_1	5,2	11,7	13,0	19,8	43,0	2,2	10,3	2,2	0,32	1,0
A_2	5,0	12,7	13,0	25,2	40,5	2,5	6,1	1,4	0,69	1,0
Station 2115:										
A_2	5,2	11,2	23,7	30,1	24,0	1,8	9,2	5,6		
BC	5,4	16,5	22,8	35,6	19,2	1,7	4,2	3,1		
2° Chênaie à Pteris Aquilina et Vaccinium Myrtillus										
Station 2116:										
A_1	5,6	14,7	30,8	42,8	6,5	1,8	3,4		0,40	1,1
A_2	5,6	15,5	32,7	43,2	6,2	1,4	1,0		0,47	1,0
Station 2117:										
A_1	5	20	28,0	18,4	7,5	5,1	21,0	12,4	0,83	
BC	5	24,2	31,5	33,0	6,5	1,6	3,2	2,2	0,83	
3° Lande jeune sur schistes										
Station 2122:										
A_1	5,8	15,0	26,0	35,3	7,0	3,7	13			
A_2B	5,6	18,2	21,3	45,9	5,2	3,1	6,3			
Station 2124:										
A_1	6,2	13,5	24,5	42,3	7,7	2,8	9,2	3,3	0,25	1,3
BC	5,8	14,2	25,8	42,8	8,0	3,2	6,0	2,7	0,56	1,4
(Index des minéraux basiques : 60 %).										
Station 2125:										
A_1	6	13,3	24,7	49,3	0,7	2,4	9,6	1,2		1,4
A_2	6	16,0	21,7	48,5	7,5	2,9	3,4	1,6		1,5
C	5,6	17,5	20,5	46,5	12,2	1,9	1,4	1,0		1,2
(Index des minéraux basiques : 50 %).										

On remarque, d'après ces analyses, le pH particulièrement élevé des sols des landes jeunes sur schistes, probablement en raison de la pra-

tique fréquente de l'écobuage (incendie de la lande) qui alcalinise le sol, et de l'étrépage qui élimine une partie de la matière organique provenant de la bruyère.

III. — Les sols podzoliques

1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS

Les sols podzoliques, *très rares sur schistes,* sont localisés presque exclusivement sur les affleurements de grès et de roches cristallines : nous avons signalé leur caractère très particulier : si l'on met à part les cas des sols à Gley, on observe rarement la présence d'un horizon illuvial argilo-ferrugineux comme dans le bassin de la Loire ; c'est l'humus colloïdal qui migre en entraînant le fer, ce qui a pour conséquence de faire apparaître un horizon A_2 plus ou moins décoloré, et un horizon illuvial riche en matière organique. Les choses se passent ainsi sur les pentes drainées, mais dans les stations horizontales, ou à pente faible, où le drainage se fait mal, la migration de la matière organique est freinée partiellement, et l'horizon illuvial a l'aspect d'un Gley riche en argile et en fer ferreux de couleur grisâtre, mais peu humifère.

Pour différencier les sols podzoliques bretons (en station inclinée) de ceux du secteur ligérien, on peut les désigner par le terme de *sols podzoliques humiques.*

Suivant le degré de podzolisation nous distinguerons, un type de sol de transition, encore jeune et à profil superficiel, très voisin des sols lessivés décrits précédemment ; dans l'épaisseur de l'horizon A_1 on voit apparaître des taches partiellement décolorées, plus ou moins étendues, qui ne sont autres qu'un horizon A_2, en voie de formation (type V_2) ; le rapport de podzolisation fer est de 2 à 3.

Lorsque la podzolisation est plus accentuée, l'horizon A_2 est continu, fortement décoloré, et il surmonte un horizon illuvial humique net. Le rapport de podzolisation fer augmente, et oscille entre 3 et 5 (1).

Les associations qui caractérisent ces sols sont des associations forestières dégradées ; la strate arborescente s'éclaircit, le Chêne Rouvre et le Hêtre cèdent souvent la place au Chêne pédonculé et au Bouleau pubescent ; le mode de traitement le plus fréquent est le traitement en taillis à courtes révolutions ; le sol se couvre d'un tapis de *Vaccinium Myrtillus* et de *Pteris Aquilina,* lorsque le couvert est en-

(1) Comme pour les sols bruns et pour les mêmes raisons, le lessivage de l'argile est peu apparent dans les profils de ces deux types de sol, sauf lorsqu'ils présentent un horizon de Gley.

core assez dense. L'apparition de *Calluna vulgaris* et des différents types de bruyère, dans les stations plus éclairées, marque le passage au sol franchement podzolique du type V_1.

2° LES SOLS FAIBLEMENT PODZOLIQUES (RATTACHÉS A V_2)

Ces sols qu'on trouve sur grès et sur roches cristallines, caractérisent, sur ces roches-mères, une Chênaie à *Pteris Aquilina* et *Vaccinium Myrtillus*. Ce sont des sols encore superficiels, surtout le long des pentes fortes; à profil plus profond, par contre, en stations à faible pente. L'horizon A_1, toujours très développé, présente des taches gris clair, appauvries en fer, alors que la matière organique tend à s'accumuler en une ligne brune encore très peu épaisse, à la partie inférieure; en dessous, on trouve un horizon B, ferrique, de couleur rouille, qui se confond plus ou moins avec la roche-mère en décomposition (horizon C); cet horizon B est encore pauvre en matière organique.

Le profil des sols qui se trouvent en station horizontale ou dans les dépressions à la base de pentes plus fortes, est un peu différent: l'horizon B prend l'aspect d'un Gley nettement enrichi en argile (stations 2213, 2214).

L'analyse montre que ces sols sont encore riches en argile, même dans la partie supérieure du profil; le rapport de podzolisation-fer est supérieur à 2.

a) Association type (Tableau XIII, 221 à 228)

C'est la Chênaie dégradée à *Vaccinium Myrtillus* et *Pteris Aquilina* déjà claire et traitée en taillis (sauf la Forêt du Cranou et la Forêt de Ville-Cartier). Le plus souvent, le Chêne pédonculé, favorisé par le traitement en taillis et la faible densité de la forêt s'associe au Chêne Rouvre, et parfois il se substitue complètement à ce dernier. Les Bouleaux, en particulier *Betula pubescens* dans la Basse-Bretagne, deviennent plus fréquents.

En sous-bois, *Vaccinium Myrtillus* et *Pteris Aquilina* dominent, accompagnées souvent par *Rhamnus Frangula* et *Ulex Europæus,* ainsi que par *Molinia cærulea,* dans les faciès les plus humides, notamment sur les sols à Gley (228 - 229). Les mousses les plus acidophiles (*Hypnum Schreberi, Leucobryum glaucum*) rappellent l'état antérieur de Chênaie à Mousses. Les espèces de la flore de la Chênaie acido-

phile existent toujours, mais rares et disséminées ; le lierre (*Hedera Helix*) est la seule espèce relique de la flore d'humus doux, que l'on rencontre encore assez souvent. Par contre, *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* s'installent, parfois, dans les vides, là où la lumière est particulièrement intense, et elles annoncent le stade ultérieur, plus dégradé encore.

Les principales stations qui ont fait l'objet de relevés figurent dans le tableau XIII.

Station 221. — Quartzites et schistes de Plougastel. Bois de Toulaeron, dans la Montagne Noire (Finistère), le long de la route de Gourin à Spézet, vers le Sud ; pente faible.

Station 222. — Grès armoricain. Sommet de la crête le long de la route de Spézet à Roudouallec, Montagne Noire (Finistère).

Station 223. — Grès de Camaret (S^3). Forêt de Conveau (Finistère). Bas de pente, route de Gourin à Carhaix.

Station 224. — Gneiss granitoïde. Forêt de Camor (Morbihan). Station voisine de l'Arboretum, près de la gare de Camor. Pente légère.

Station 225. — Granulite. Forêt du Duc (Finistère). Voisinage de la route de Châteaulin.

Station 226. — Grès armoricain. Forêt d'Ecouves (Orne), carrefour de la Branloire (parcelle 1, 11e série) ; pente vers le Nord très faible.

Station 227. — Grès de May. Mont d'Etenclin (Manche). Bas de la pente vers le Sud (pente faible).

Station 228. — Granite. Forêt de Ville-Cartier (Ille-et-Vilaine). Canton de la Bigotet. Station horizontale.

b) Profil et analyse (Planche XV, type III)

Le long des pentes l'horizon B-C est ferrique (stations 221 à 226), alors qu'en station horizontale, ou à la base de pentes, un Gley peut se constituer (stations 227 et 228).

Sol à B ferrique.

A_0	Humus brut fibreux.
	— 5.
A_1-A_2	Horizon grisâtre à taches plus claires, marqué par une ligne plus foncée à la base, limono-caillouteux.
	— 15 à — 30.
B-C	Ocre rouge très caillouteux.

Sol à Gley.

A_0	Horizon d'humus brut gras, tourbeux.
	— 10 à — 20.
A_1	Beige clair assez compact à infiltrations d'humus.
A_2	Peu caillouteux.
	— 20 à — 50.
B-G	Horizon compact, à taches rouilles et grises.

Remarquons que le type à Gley est dans l'ensemble plus riche en éléments fins et moins caillouteux que le type sur pente, sans Gley.

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H^2O	Mat. org.	Fer libre
	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 221 :								
A_1 - A_2 ...	5,2	18,2	28,7	38,4	6,0	2,3	6,4	
B - C	5,2	19,7	32,2	35,1	8,2	2,2	2,6	
Station 222 :								
A_1	5	15,3	27,5	39,7	5,0	2,1	10,4	0,35
B	5,2	17,0	28,2	43,9	6,0	2,0	2,9	0,84
C	5,4	18,6	27,2	38,7	12,2	1,4	1,9	0,73
Station 226 :								
A_1 - A_2 ...	4,2	12,0	24,8	38,4	13,5	2,1	9,2	
B - C	5,4	7,6	22,6	49,4	15,5	2,3	2,6	
Station 227 :								
A_2	5,2	7,2	12,2	69,3	8,2	0,7	2,4	0,23
B - G	5,4	17,8	17,1	56,6	6,0	1,3	1,2	0,71
Station 228 :								
A_1 - A_2 ...	5,8	11,0	13,0	38,5	30,0	1,8	5,7	0,23
B - G	5,6	19,7	18,2	41,7	16,2	1,9	2,3	0,88

On peut constater que l'accumulation d'argile, inexistante sur les sols des stations en pente (221 à 226), est relativement importante dans l'horizon de Gley, des sols sur faible pente.

TABLEAU XIII. — SECTEUR ARMORICAIN - CHÊNAIE DÉGRADÉ

Stations	2116	2117	2118	2119	2120	2
STRATE ARBORESCENTE						
Quercus pedunculata	3 3	3 3	3 3	1 1	1 1	2
Q. sessiliflora	4 4	.....	1 1	3 4	2 2	3
Fagus sylvatica	.....	2 1	1 1	+	.....	-
Betula pubescens	.....	2 3	.....	1 1	.....	1
B. verrucosa	.....	.....	.....	.....	.....	...
Sorbus aucuparia	.....	+	+	+	.....	-
S. torminalis	.....	.....	.....	.....	.....	-
Pirus cordata	.....	.....	.....	.....	.....	-
Corylus avellana	.....	1 1	.....	.....	.....	...
Castanea vesca	.....	.....	+	.....	.....	...
CARACTÉRISTIQUES						
Rhamnus Frangula	.....	1 1	+	.....	+	1
Vaccinium Myrtillus	2 3	+	3 3	4 4	2 3	2
Pteris Aquilina	2 1	2 1	4 4	+	3 3	2
Ulex Europœus	.....	+	+	.....	.....	1
Molinia cærulea	.....	+	2 3	.....	.....	...
Rhytidiadelphus loreus	.....	.....	.....	.....	.....	...
R. triqueter	+	.....	.....	+	.....	...
Hypnum Schreberi	+	.....	.....	.....	.....	...
Leucobryum glaucum	+	.....	.....	.....	.....	...
Polytrichum formosum	1 2	.....	.....	.....	.....	...
Dicranum Scoparium	.....	.....	.....	.....	.....	...
CARACTÉRISTIQUES DU STADE ULTÉRIEUR						
Calluna vulgaris	.....	.....	3 3	.....	2 3	-
Erica cinerea	.....	.....	+	.....	+	...
Ulex nanus	.....	.....	.....	.....	.....	...
Agrostis setacea	.....	.....	.....	.....	.....	1
CARACTÉRISTIQUES DE LA CHÊNAIE ACIDOPHILE						
Ilex Aquifolium	1 3	.....	+	+	.....	-
Carex pilulifera	.....	.....	.....	+	.....	...

* Station 2212: peuplement de pins sylvestres plantés, exploités récemment à blanc.

Vaccinium Myrtillus et Pteris Aquilina

222	223	224	225	226	227	228	229	2210	2211	2212*	2213
2 1	3 3	.....	3 3	.....	1 1	3 3	2 2	2 2	1 2	.....	1 1
.....	.....	1 1	.....	3 3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3 3
2 1	.....	3 3	2 3	+	+	.....	3 3	3 3	.....	.....	.....
3 1	1 1	.....	2 3	2 3	.....	1 1	.....	.....	1 2	.....	3 3
.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	1 1	+
+	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	3 3	.....	.....	+	+	.....	.....	.....	.....	.....
+	1 1	+	2 1	+	+	.....	.....	.....	.....	+	2 1
2 3	3 3	2 3	2 3	3 4	.....	2 3	3 4	4 3	1 2	4 5	+
3 2	5 5	2 1	2 3	2 4	5 5	3 3	1 1	.....	4 5	4 5	2 1
+	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3 3	1 2	+	.....	.....	3 4	4 4	1 1	.....	2 3	+	2 3
+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	5 4	.....	.....	.....
+	.....	2 3	.....	.....	.....	+	1 3	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	4 5	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	+	.....	+	.....	.....	.....	+	.....	3 5	.....
+	+	.....	.....	1 3	2 1	.....	.....	.....	.....	1 2	+
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2 3	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Stations	2116	2117	2118	2119	2120	221
	—	—	—	—	—	—
C. lævigata	.....	.....	.....	+	.....	.....
Luzula maxima	.....	.....	.....	+	.....	.....
Holcus mollis	.....	.....	.....	+	.....	.....
Rubus fruticosus	.....	2 2	+	.....	.....	.....
Sarothamnus scoparius	+	.....	+	.....	.....	.....
Hypericum pulchrum	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Lonicera periclymenum	.....	.....	1 1	.....	.....	.....
Melampyrum pratense	+	.....	1 1	+	.....	+
Betonica hirsuta	.....	.....	+	.....	.....	.....
Teucrium Scorodonia	.....	2 1	+	.....	.....	.....
Conopodium denudatum	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Wahlenbergia hederacea	.....	1 2	.....	.....	.....	.....
Endymion nutans	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Hylocomium splendens	.....	+	.....	.....	.....	.....
Thyidium tamariscinum	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Compagnes						
Blechnum Spicant	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Hedera Helix	+	2 3	.....	.....	+	.....
Deschampsia flexuosa	1 2	.....	.....	.....	.....	.....
Agrostis vulgaris	.....	+	.....	.....	.....	.....
Potentilla Tormentilla	.....	+	+	.....	.....	.....
Oxalis acetosella	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Semis						
Quercus	1 1	.....	.....	.....	.....	.....
Fagus	1 1	.....	.....	.....	.....	.....

3° LES SOLS FORTEMENT PODZOLIQUES (RATTACHÉS AU TYPE V_1)

Egalement localisés sur grès et roches cristallines, ces sols se distinguent des précédents par plusieurs caractères: d'abord leur horizon A_0 est beaucoup plus épais et compact (parfois d'aspect gras, tourbeux) et peu distinct de A_1. L'horizon A_2 est continu, *encore peu épais* (5 à 15 cm. d'épaisseur), de couleur gris cendreux, donc assez clair, quoique riche en humus et assez compact; en dessous, on observe un horizon illuvial (enrichi en humus et en fer), de couleur brun noir. Le rapport de podzolisation-fer s'élève en général à 4 ou 5, sauf dans

2	223	224	225	226	227	228	229	2210	2211	2212*	2213
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			1 1								
		1 1			1 1		2 3				
	+										1 1
	+	+	2 1								+
	+		+								
									+		+
	+		+		+						
	+										
	+										
					+						
			+			+	2 1	1 3			
				+							
		+									

quelques cas où le fer est entraîné par lessivage oblique : mais la valeur absolue du fer libre de l'horizon A_2 est toujours très faible.

Plusieurs de ces sols font transition vers les podzols ; leur horizon A_2 a un aspect cendreux, et le rapport de podzolisation-fer atteint et même dépasse 5, mais, en réalité, ces sols se distinguent des véritables podzols par un certain nombre de caractères précis : l'horizon lessivé A_2 est beaucoup moins épais que celui d'un podzol, et l'analyse montre qu'il est plus riche en fer et en argile (Stations 2211, 2212, 2213, 2216).

Comme pour les sols de la catégorie V_2 on distingue deux types de profil, suivant qu'il s'agit d'une station bien drainée à forte pente, ou

au contraire, mal drainée et à faible pente. Dans le premier cas, sous l'horizon B_1 humifère, on distingue un horizon B_2 ferrique.

Dans le second cas, la migration de l'humus s'effectue moins facilement et les deux horizons d'accumulation sont remplacés par un Gley unique, particulièrement riche en argile.

Ces sols fortement podzoliques du type V_1, peuvent caractériser deux associations différentes: les uns portent la Chênaie à *Pteris Aquilina* et *Vaccinium Myrtillus,* déjà décrite, les autres, une Chênaie plus claire et plus dégradée encore, à *Calluna vulgaris* et *Erica cinerea.*

Or, on constate que les premiers sont souvent parmi les plus lessivés et que certains appartiennent au groupe très proche des podzols vrais dont nous venons de parler: cette apparente anomalie s'explique par le phénomène du lessivage oblique, sur lequel nous reviendrons ultérieurement. Ces sols situés sur des pentes, en contrebas de landes plus podzolisées, ou de forêts plus dégradées, reçoivent ainsi une certaine quantité d'acides humiques qui accélèrent leur évolution.

a) Les associations types

Chênaie dégradée à Vaccinium Myrtillus et Pteris Aquilina

Elle offre les caractères déjà mentionnés à propos des sols de la catégorie précédente. Les principales stations étudiées figurent dans le Tableau XIII.

Station 229. — Schistes et quartzites de Plougastel. Forêt du Cranou (Finistère). Sommet de la crête du Loabou; pente faible (index des minéraux basiques, 10 %).

Station 2210. — Schistes et quartzites de Plougastel. Forêt du Cranou; pente forte sous la crête du Loabou (index des minéraux basiques, 35 %).

Station 2211. — Grès de May. Mont d'Etenclin (Manche); pente moyenne vers le Sud.

Station 2212. — Grès armoricain. Forêt d'Ecouves (Orne). Parcelle M 1, 4^e série; pente légère vers le Sud, au sommet de la crête (index des minéraux basiques, 2 %).

Station 2213. — Grès armoricain; même massif forestier. Les Barres de Rouperroux, au bas de la pente, le long de la route de Carrouges à Sées.

La Chênaie dégradée à Bruyères (lande jeune)
(Tableau XIV, 2214 à 2220)

Cette association, qui évolue vers la lande, est plus proche de cette dernière formation que de la forêt. La strate arborescente a en effet presque complètement disparu, et elle est réduite à quelques bouquets de Chênes pédonculés et de Bouleaux pubescents. Le Chêne Rouvre et le Hêtre sont totalement absents ; mais la présence d'éléments de la Chênaie acidophile, tels que *Teucrium Scorodonia, Lonicera periclymenum,* ainsi que des espèces caractéristiques de l'état antérieur à couvert plus dense (*Rhamnus Frangula, Pteris Aquilina* et *Vaccinium Myrtillus*), indiquent que la destruction de la forêt est d'origine récente : lorsque la strate arborescente fait totalement défaut, comme c'est le cas pour la lande jeune sur schistes, dont il a été question à propos des sols bruns (stations 2121 à 2125), la survivance de certaines de ces espèces rappelle l'état antérieur boisé, et indique qu'il ne s'agit pas d'une lande paraclimacique ; il en est de même pour la station 2214.

Les espèces caractéristiques sont à peu près les mêmes que celles de la lande : ce sont surtout *Calluna vulgaris* et les bruyères, telles que *Erica cinerea,* et *Erica ciliaris;* accompagnées de *Ulex Galii* et *Ulex nanus.* Notons la présence presque constante de la Molinie (*Molinia cærulea*) même sur les sols en pente, donc bien drainés. Elle est en effet favorisée par l'extrême compacité de l'horizon A_0 qui retient beaucoup d'eau ; cette espèce devient nettement dominante, parfois presque exclusive sur les sols mal drainés à horizon de Gley (stations 2218 à 2220). Elle peut être accompagnée par *Erica tetralix* comme dans la station 2219. Signalons que ces forêts très claires, ces landes en voie de formation, ont souvent été boisées par l'homme à l'aide de pin sylvestre ou de pin maritime.

Les principales stations étudiées sont les suivantes (Tableau XIV).

Station 2214. — Schistes et quartzites du dévonien inférieur (d^1). Lande de Lanfains, route de Lanfains à Quintin (Côtes-du-Nord) ; pente faible ; exposition Nord.

Station 2215. — Quartzites graphiteux de Lamballe. Bois de Pledran (Côtes-du-Nord) ; pente très faible.

Station 2216. — Gneiss granitoïdes. Sommet d'une croupe à l'entrée de l'Arboretum de Camor, près de la gare de Camor (Morbihan).

Station 2217. — Gneiss. Lande de Kerchopine, à 3 km. 500 de Plouet. Sol horizontal.

Station 2218. — Grès de Saint-Germain. Forêt de Saint-Aubin du Cormier (Ille-et-Vilaine). Les Landes près de la Maison forestière de la Jubeauderie; pente nulle.

Station 2219. — Grauwackes micacés du dévonien moyen: forêt de Lorge (Côtes-du-Nord), route de Lanfains, à l'entrée de la forêt après la ligne de partage des eaux vers le Sud; pente nulle.

Station 2220. — Grès armoricain. Forêt d'Ecouves (Orne), partie horizontale au sommet de la crête le long de la route de Carrougues à Sées (parcelle 15, 11e série).

b) Profils et analyses (Planche XV, type IV)

Le profil type, à B_1 humique surmontant un B_2 ferrique, est le suivant:

$A_0 - A_1$	Horizon d'humus brut d'aspect gras ou fibreux, peu distinct de A_1, qui est d'ailleurs très réduit.
— 10 à — 20	
A_2	Horizon de couleur gris clair, humifère, souvent compact, plus ou moins caillouteux, de 5 à 15 cm. d'épaisseur.
— 15 à — 30.	
B_1	Horizon brun noir de 4 à 10 cm. d'épaisseur, enrichi en humus et parfois en argile.
B_2-C	Horizon ocre rouille très caillouteux; accumulation de fer et zone de désagrégation de la roche-mère.

Ce profil qui annonce celui des podzols, mais qui est encore peu profond, est celui des stations 2210, 2211, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217.

Le faciès à Gley des stations 2218, 2219, 2220, présente l'aspect suivant:

A_0	Horizon d'humus gras, tourbeux.
— 10 à — 15.	
A_2	Grisâtre pâle, à traînées humifères, compact.
— 30.	
G	Gley très compact à taches rouilles.

Signalons deux cas particuliers, qui offrent un certain intérêt :

Le profil 229 ne présente pas d'horizon d'accumulation humique, par contre, on observe un horizon lessivé très net : nous expliquerons ultérieurement cette particularité par le phénomène du lessivage oblique.

$A_0 - A_1$	Humus brut noir compact gras (les deux horizons sont plus ou moins confondus).
	— 22.
A_2	Horizon de couleur gris blanchâtre, assez compact.
	— 40.
C	Quartzites en cailloux anguleux ; fissures remplies d'une petite quantité d'argile blanchâtre.

Quant au profil 2212, il montre une évolution déjà assez avancée vers le stade podzol, ce qui s'explique par la présence récente d'un peuplement de Pins sylvestres, qui ont été exploités dans le courant de ces dernières années.

$A_0 - A_1$	Humus de pin sylvestre.
	— 8.
A_2	Horizon cendreux, très caillouteux.
	— 16.
B_1	Horizon brun humique.
	— 21.
A_3	Horizon faiblement caillouteux, ocre pâle.
	— 40.
B_2-C	Horizon rouille plus foncé, extrêmement riche en cailloux.
	— 60.
C	Horizon jaune clair, très caillouteux.

Sur les vingt premiers centimètres on observe un profil de podzol encore très jeune (superficiel), progressant par lessivage, sur l'emplacement d'un ancien sol forestier lessivé ou faiblement podzolique, beaucoup plus profond.

TABLEAU XIV. — SECTEUR ARMORICAIN - LANDE

Stations	2121	2122	2123	2124	2125	2214
STRATE ARBORESCENTE						
Pinus Pinaster						
P. sylvestris						
Betula pubescens						
Quercus pedunculata						
CARACTÉRISTIQUES						
Calluna vulgaris	1 3	1 2		2 3	2 3	2 4
Erica cinerea	3 3	2 1	2 3	2 3	2 3	1 1
E. ciliaris	1 2		3 4	4 3	3 3	4 4
E. tetralix						2 3
Ulex Gallii	2 3	3 2			1 1	2 3
U. nanus	+		3 3	2 3	1 1	+
Danthonia decumbens	1 3					
Agrostis setacea		+		2 2	+	
Molinia cærulea		4 3	3 2	2 3	1 2	2 3
Polygala serpyllacea						+
Viola lancifolia	+					
Hypnum Schreberi						
Cladonia sylvatica	+				+	2 3
RELIQUES DE L'ÉTAT ANTÉRIEUR						
Rhamnus Frangula						
Pteris Aquilina	+	2 1	1 1		+	1 1
Vaccinium Myrtillus						+
Scleropodium purum						
Ulex Europæus	1 3				+	
Dicranum scoparium						
Leucobryum glaucum						
CARACTÉRISTIQUES DE LA CHÊNAIE ACIDOPHILE						
Rubus fruticosus		1 1				
Festuca capillata						
Sarothamnus scoparius		+				
Hypericum pulchrum				+		
Lonicera periclymenum						
Teucrium Scorodonia	1 1	1 2		+		
Hieracium murorum	+					
Serratula tinctoria			+			

JEUNE ET CHÊNAIE DÉGRADÉE A BRUYÈRES

2215	2216	2217	2218	2219	2220	2311	2312	2313	2314
1 1	.....	3 3	.....	1 1	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	3 3	.....	.....	.....	.....	2 1	.....
.....	1 2	.....	2 3	1 3	3 2	3 3	.....	.....	.....
1 1	+	+	.....	.....	1 2	+	.....	.....	.....
2 2	5 5	3 2	+	1 3	4 4	3 1	3 4	3 1	4 4
1 2	1 1	3 3	.....	.....	.....	2 2	2 3	.....	2 3
1 2	.....	1 2	.....	2 3	.....	.....	+	.....	.....
.....	.....	.....	.....	2 3	.....	.....	.....	.....	.....
+	.....	2 2	.....	.....	.....	.....	3 4	.....	1 1
+	.....	1 2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
.....	.....	2 1	.....	.....	.....	.....	2 2	.....	.....
3 4	2 1	2 3	5 5	4 5	3 3	1 2	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	2 3	.....	.....	.....	.....	.....	2 3	2 1	3 3
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	+
.....	.....	.....	2 3	1 2	.....	.....	.....	.....	.....
2 3	2 1	1 1	+	1 1	+	3 1	.....	2 1	3 4
.....	+	.....	.....	1 2	2 4	1 3	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	1 3	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2 2
.....	2 3	.....	.....	.....	.....	.....	+	+	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....
1 2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
+	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	+	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	+
+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1 1
1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Stations	2121	2122	2123	2124	2125	2214
	—	—	—	—	—	—
COMPAGNES						
Aira præcox	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Agrostis vulgaris	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Plantago lanceolata	.....	.....	+	.....	+	+
Hieracium pilosella	+	.....	.....	.....	.....	.....
Euphrasia officinalis	.....	.....	.....	.....	+	.....
Pedicularis sylvatica	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Potentilla tormentilla	+	.....	+	.....	.....	.....
Polytrichum piliferum	.....	.....	.....	.....	.....	.....
P. juniperinum	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Analyses des sols des principales stations :

Sols de la Chênaie dégradée à Vaccinium Myrtillus et Pteris Aquilina

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Mat. org. humifiée	Fer libre
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 229 :									
A_1	5,2	21,3	21,7	41,1	2,5	3,1	10,3	5,6	0,06
A_2	5,6	25,5	24,5	42,1	4,5	0,8	2,6	2,5	0,13
C	5,6	32,5	21,5	29,1	4,0	1,2	1,7	1,6	0,10
(Index des minéraux basiques : 10 %).									
Station 2210 :									
A_2	5,0	11,5	25,0	33,4	18,5	1,4	9,2	6,4	0,21
B_1	5,2	18,7	17,7	33,3	16,5	4,8	9,0	6,0	0,40
B_2	5,4	17,0	17,7	38,5	16,0	3,3	7,5	4,8	0,42
(Index des minéraux basiques : 35 %).									
Station 2211 :									
A_2	5,2	7,2	19	62,8	7,0	0,6	3,4	2,8	0,09
B_1	5,4	12,2	15,2	57,5	6,0	2,4	6,7	3,8	0,46
Station 2212 :									
A_1	3,8	5,7	20,5	38,5	13,0	2,7	19,6	6,8	0,08
A_2	4,4	3,7	17,7	56,2	20,0	0,3	2,1	0,7	0,07
B_1	3,8	11,5	16,6	49,0	17,2	1,5	4,2	1,9	0,62
A_3	4,6	8,0	19,2	61,7	18,0	1,1	2,0	0,9	0,25
B_2 - C	5,4	6,0	8,0	44,5	37,0	1,7	2,8	0,8	0,88
(Index des minéraux basiques : 2 %).									

2215	2216	2217	2218	2219	2220	2311	2312	2313	2314
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H^2O	Mat. org.	Mat. org. humifiée	Fer libre
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 2213:									
A_1	4,2	8,1	23,7	36,8	10,0	3,1	18,3	17,5	0,12
A_2	4,5	7,3	19,8	55,1	12,0	0,7	5,1	4,4	0,12
B_1	4,2	(*)	(*)	(*)	(*)	1,8	6,6	6,4	0,50
B_2	5,3	6,5	17,7	55,9	13,0	2,3	4,6	4,2	0,60
Sols de la Chênaie à Bruyères									
Station 2216:									
A_2	5,2	9,5	22,2	30,8	30,0	1,3	6,2	6,0	0,07
B_1	5,2	(*)	(*)	(*)	(*)	5,6	11,8	8,2	0,42
B_2	5,4	10,2	18,0	32,2	23,0	5,4	11,2	5,6	0,64
Station 2218:									
A_1	5,4	7,8	15,2	62,6	11,0	0,9	2,5		
G	5,6	15,0	16,7	58,1	8,2	0,9	1,1		
Station 2219:									
A_1	4,8	(*)	(*)	(*)	(*)	5,9	25,0	12,4	
A_2	5,4	16,0	22,2	50,3	5,0	1,5	5,0	4,8	0,09
G	5,6	20,2	19,5	45,9	12,5	0,7	1,2	1,1	0,32
(Index des minéraux basiques : 0,5 %).									
Station 2220:									
A_2	4,7	12,5	21,6	57,3	5,5	0,8	2,3		0,16
G	5,8	22,2	26,0	44,0	5,5	1,4	0,9		0,46

* Non analysés.

On constate que pour les sols à horizon de Gley (2218 à 2220), cet horizon est nettement enrichi en argile.

Les analyses montrent que les sols 2211, 2212, 2213, 2216, font transition avec de vrais podzols ; pour la station 2212, c'est au pin sylvestre qu'il faut attribuer cette action podzolisante. Pour les profils 2211 et 2213, leur évolution a été accélérée, par rapport à celle de la végétation (l'association est encore une Chênaie à Myrtille et à Grande Fougère), par l'apport d'acides humiques provenant du sommet de la pente par lessivage oblique : nous reviendrons ultérieurement sur ce phénomène ; quant au profil 2216, l'association qu'il supporte est presque une lande à bruyères, où la Callune est particulièrement développée.

C'est encore le lessivage oblique des acides humiques qui peut expliquer la podzolisation accentuée de la station 2210, en forêt du Cranou, malgré la proportion assez élevée d'éléments schisteux (index des minéraux basiques : 35 %).

Il faut remarquer également que l'horizon A_2 de plusieurs de ces sols est souvent aussi riche en matières organiques que l'horizon B ; cependant, la couleur de cet horizon est toujours plus claire, ce qui indique qu'il y a surtout une différence de nature entre l'humus des horizons A_2 et B. (Voir troisième partie, chapitre I).

IV. — Les podzols et les sols humiques

1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS

Les podzols typiques sont localisés en Bretagne sur les affleurements de *Quartzites,* en particulier sur les crêtes et sur les pentes assez fortes (Menez-Hom, Monts d'Arrée, Montagne Noire). Nous n'en avons pas rencontré qui soient vraiment caractéristiques sur granites et sur gneiss (1). On ne les observe jamais sur schistes, ni sur grès à forte proportion d'éléments schisteux.

Sur les crêtes et les pentes bien drainées, le profil est celui du *Podzol humo-ferrugineux,* à horizon lessivé, épais de 30 à 40 cm., parfaitement cendreux, très pauvre en argile et en fer, et à horizon d'accumulation humique à la partie supérieure, ferrique à la partie inférieure. En stations horizontales, le sol évolue *vers le podzol humique à forte accumulation d'humus en B ;* un horizon d'Alios se forme à une certaine distance au-dessus d'un horizon de Gley : nous n'avons

(1) AUBERT signale cependant l'existence de podzols sur granites, sur les crêtes des Landes de Lanvaux, que nous n'avons pas prospectées, dans le Morbihan : il s'agit de landes très anciennes.

observé ce second type, beaucoup plus rare que le premier dans le secteur armoricain, que dans la région de Lessay. Enfin, lorsque la perméabilité est plus faible encore, la migration de l'humus est encore plus réduite, et l'on a un type de *podzol à Gley*.

Ces podzols sont caractérisés par une lande, où dominent les Ericacées et où les reliques de la Chênaie sont rares ; elles font complètement défaut dans les landes les plus typiques et les plus anciennes ; ces landes semblent être le résultat d'une évolution irréversible ; on peut donc les qualifier de *paraclimaciques*, par rapport aux landes jeunes des sols bruns sur schistes ; nous reviendrons ultérieurement sur cette importante question (troisième partie, chapitre III).

Nous rattacherons aux podzols, les sols de la série tourbeuse (T), bien que leur origine et leur profil soient assez différents : ils offrent comme les podzols, le caractère de présenter en surface une grande épaisseur d'humus acide, mais on ne trouve ni horizon éluvial, ni horizon illuvial. Comme les podzols, ce ne sont pas des sols forestiers (tout au moins des sols de forêt feuillue), mais plutôt des sols de landes ou de tourbières ; sur les croupes de roches dures, bien drainées, on observe les sols d'humus acide à forte accumulation d'humus brut fibreux (type T_1), alors que dans les bas-fonds, mal drainés, c'est une grande épaisseur de tourbe qui se développe (type T_2).

2 °LES PODZOLS

Ce sont les sols des vieilles landes, qui proviennent d'une dégradation déjà ancienne de la Chênaie, principalement sur les crêtes et les fortes pentes de grès primaires et de quartzites ; le grès armoricain semble avoir une tendance particulière à se podzoliser, surtout en Basse-Bretagne, à climat très humide. Sur les schistes et quartzites de Plougastel du dévonien inférieur, le lessivage n'est pas toujours aussi accentué, en raison de la proportion plus élevée de schistes qui existe dans la roche-mère.

Les caractères des profils sont très nets et absolument constants : sur toutes les pentes, et en stations bien drainées, le sol appartient au type du *Podzol humo-ferrugineux*, dont le profil se décompose ainsi : en surface un horizon A_0 d'humus brut, confondu avec un A_1 très réduit, atteignant 20 cm. d'épaisseur ; puis, un horizon A_2 cendreux, très épais, pouvant dépasser 40 cm. ; l'horizon d'accumulation comprend une partie humique au sommet (B_1) et une partie ferrique à la base (B_2). L'analyse indique toujours une teneur très faible en argile, dans tous les horizons, surtout dans l'horizon A_2 ; ce même horizon est

appauvri à l'extrême en fer, et le rapport de podzolisation-fer libre dépasse 5.

Le Podzol humique à forte accumulation d'humus en B est rare; nous ne l'avons observé que dans les landes de Lessay. Il prend naissance en station horizontale, non drainée, sur un grès friable, se désagrégeant sur une profondeur assez grande: la roche-mère est alors un sable (plus ou moins caillouteux) rappelant les sables des Landes ou de Sologne; en profondeur, un horizon de Gley se forme au-dessus de la roche-mère non décomposée (encore compacte et imperméable). Ces sols sont caractérisés par un horizon A_2, non cendreux, mais coloré en gris par la matière organique, et par un véritable *Alios humique,* se formant à un certain niveau au-dessus du Gley.

Lorsque la roche-mère, plus compacte, se désagrège plus difficilement, le profil est moins profond: l'horizon de Gley est superficiel, la matière organique ne peut migrer en profondeur et forme un horizon tourbeux en surface; en dessous, l'horizon A_2 reste cendreux (*Podzol à Gley,* à faible migration d'humus).

Ce sol à Gley superficiel fait transition avec les sols tourbeux dans lesquels l'horizon A_2 a tendance à disparaître complètement.

Dans la lande qui occupe les stations sur pentes à podzol humo-ferrugineux, *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* sont abondantes: toutefois, la très grande humidité de l'atmosphère, ainsi que l'importance considérable des horizons humifères qui se gorgent d'eau (A_0 et B_1 notamment), favorisent dans une large mesure des espèces plus exigeantes en humidité telles que *Erica ciliaris* et *Molinia cærulea;* sur podzol à alios, ou sur podzol à Gley, non seulement la Molinie et la bruyère ciliée, mais aussi *Erica tetralix* et *Ulex nanus* dominent nettement les espèces plus xérophiles.

a) Associations types (Tableau XV)

La lande mésophile en stations drainées
(Stations 231 à 237)

Les espèces caractéristiques essentielles de la lande de Basse-Bretagne sur podzol humo-ferrugineux sont les suivantes: *Erica ciliaris, Erica cinerea, Calluna vulgaris, Molinia cærulea, Agrostis setacea, Ulex Galii,* et de façon moins constante *Polygala serpyllacea,* et *Cladonia sylvatica.* Sur les versants exposés au Sud, la Molinie et *Erica ciliaris* se raréfient ou disparaissent (236), alors que dans les stations plus fraîches, exposées au nord ou moins bien drainées, elles arrivent à

dominer (stations 232, 234). Pour ces espèces particulièrement exigeantes en eau, l'humidité atmosphérique constitue un facteur essentiel, qui corrige le caractère souvent très filtrant du substratum (1).

Les espèces de la Chênaie acidophile, ou même celles qui caractérisent le premier stade de dégradation de la Chênaie (*Vaccinium Myrtillus* et *Pteris Aquilina*), ont à peu près disparu ; seules subsistent ici et là, quelques reliques très disséminées ; elles sont complètement absentes dans les landes les plus anciennes, celles dont le sol présente les caractères de podzol les plus accentués (236-237). Au contraire, la station 231 se singularise par l'abondance relative de reliques de la Chênaie ; il s'agit incontestablement d'une lande récente, favorisée par l'incendie : cette station est située en effet sur un domaine particulier, soumis à de fréquents sinistres, au voisinage de la forêt domaniale d'Ecouves, dans laquelle les autres conditions écologiques étant équivalentes, la forêt subsiste encore (cf. Stations 226 et 2220). De plus, l'aspect du profil et l'analyse du sol montrent un caractère de podzolisation moins accentué, ce qui confirme cette hypothèse.

Lande humide à Erica tetralix et Molinia cærulea
(Stations 238 à 2310)

Sur les podzols à Gley et sur les podzols humiques à alios, les espèces les plus xérophiles ont tendance à disparaître (*Erica cinerea,* et *Calluna vulgaris*), alors que la dominance appartient aux espèces hygrophiles : *Erica tetralix,* — qu'on peut considérer comme caractéristique de l'association, — *Erica ciliaris, Molinia cærulea,* et *Ulex nanus.* Signalons l'absence de *Erica ciliaris* dans les landes de Lessay, non pour une raison écologique, mais pour une cause floristique, cette localité se trouvant en dehors de l'aire de cette bruyère.

Cette lande humide à *Erica tetralix* fait donc transition avec la *lande tourbeuse à Sphagnum* et *Erica tetralix,* dont nous parlerons ultérieurement.

Pour conclure, constatons que les deux types de lande, tant la lande humide à *Erica tetralix,* que le faciès plus sec, sur podzol drainé, sont ainsi caractérisés l'un et l'autre par l'absence presque totale d'espèces de la Chênaie, et par un sol présentant un profil absolument différent

(1) Nos analyses montrent en outre le rôle joué par l'horizon B_1 humifère, qui même après dessication à l'air, conserve une importante réserve d'eau Crump [**56**] a montré à ce sujet que le rapport Teneur en eau/Humus était sensiblement constant pour certaines catégories de sols, secs à l'air : on conçoit ainsi que même sur un substratum minéral bien drainé, les sols riches en humus puissent se montrer favorables à certaines espèces exigeantes en eau.

de celui qui caractérise la Chênaie : on peut en déduire qu'il s'agit là véritablement d'association paraclimaciques, présentant une grande stabilité naturelle, et ne pouvant, sans l'intervention de l'homme, retourner à l'état boisé ; c'est ce qu'a exprimé A. Chevalier [48] par la phrase suivante : « En Bretagne, les landes sont presque toujours installées sur d'anciens sols forestiers dégradés, à sol très appauvri et fortement acide : la lande ne peut, dans ce cas, si on la laisse évoluer, conduire à la régénération de la forêt ».

Lande paraclimacique ; principales stations : Tableau XV.

Station 231. — Grès armoricain. Massif d'Ecouves (Orne). Les Barres de Rouperroux ; pente assez forte non loin de la crête.

Station 232. — Quartzite de Plougastel (dévonien inférieur). Route de Huelgoat à Morlaix, 1 km. après la route de de Berrien (Finistère) ; pente faible.

Station 233. — Quartzite de Plougastel. Carrefour de la route de Botmeur et de la route de Braspart à Morlaix : Monts d'Arrée (Finistère) ; pente forte vers le Sud-Est.

Station 234. — Même station ; sommet de la crête : pente faible vers le Nord-Est.

Station 235. — Quartzite de Plougastel. Mont Saint-Michel de Braspart (Finistère) ; pente moyenne vers le Nord-Est.

Station 236. — Grès armoricain. Mont du Menez-Hom (Finistère) ; pente assez forte exposée au Sud.

Station 237. — Grès armoricain. Montagne Noire (Finistère).) Crête le long de la route de Châteauneuf du Faou à Roudouallec.

Station 238. — Quartzite de Plougastel ; partie plate au pied du Mont Saint-Michel de Braspart (Finistère).

Station 239. — Grès de May. Landes de Lessay au Nord-Est de l'Eventard ; pente nulle.

Station 2310. — Grès de May. Landes de Lessay ; station voisine ; pente nulle.

b) Profils et analyses

Le podzol humo-ferrugineux offre un profil très différent de celui du podzol humique.

Podzol humo-ferrugineux (Stations 231 à 237, Planche XV, type V).

A_0	Humus brut; horizon presque entièrement organique.
— 20.	
A_1	Horizon humifère très réduit.
— 22.	
A_2	Horizon cendreux, pulvérulent, à traînées grises humifères; très nombreux cailloux de quartzite.
— 50 à — 60.	
B_1	Brun noirâtre, riche en humus colloïdal (20 cm. d'épaisseur en moyenne).
B_2	Horizon rouille de 2 à 5 cm. d'épaisseur, de plus en plus clair vers le bas.
C	Très caillouteux, jaune clair.

(Tous les horizons sont très riches en cailloux — 80 à 90 % par rapport à la terre fine).

Podzol humique à Alios (Statoin 239) : la roche-mère est un véritable sable provenant de la décomposition profonde des grès (Planches XIII et XIV, série B, type IV).

A_0-A_1	Horizon lumifère compact.
— 10.	
A_2	Horizon gris sablonneux, plus noir à la partie inférieure; nombreux cailloux anguleux.
— 20.	
B	Alios humique, brun foncé, assez compact, de plus en plus clair et friable vers le bas.
— 45.	
A_3	Sableux, jaune pâle sans cailloux.
— 70.	
Gley	Grisâtre à traînées rouilles.

Les profils 238 et 2310 sont caractérisés par un horizon de Gley, donc un plan d'eau plus proche de la surface. Aucune migration de matière organique n'a pu avoir lieu (*podzol à Gley*) :

Tableau XV. — Secteur armoricain - Lande mésophile

Stations	231	232	233	234	235	236	237	238	239	2310
Caractéristiques										
Erica ciliaris	.....	4 3	1 2	2 3	3 3	.....	2 2	4 4	.....	.....
Erica cinerea	.....	.....	2 3	+	1 2	2 2	2 2	.....	1 1	+
Calluna vulgaris	5 5	2 2	3 3	+	1 2	2 3	1 2	.....	1 3	+
Molinia cærulea	1 3	1 2	+	4 5	+	1 2	.....	3 3	2 1	3 3
Agrostis setacea	.....	1 2	+	.....	3 2	+	4 4	.....	.....	.....
Ulex Galii	.....	2 3	3 3	+	2 2	3 2	1 1	2 1	.....	.....
Polygala serpyllacea	.....	.....	.....	+	1 1	+	+	+	.....	.....
Cladonia sylvatica	1 1	+	.....	.....	+	2 2	.....	.....	.....	.....
Caractéristiques de la lande humide										
Erica tetralix	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	2 2	4 4	4 2
Ulex nanus	.....	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	+	3 4	3 3
Danthonia decumbens	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....
Potentilla tormentilla	.....	+	.....	+	.....	.....	.....	+	.....	.....
Sedum anglicum	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
Pedicularis sylvatica	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	+	.....	.....
Blechnum spicant	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
Cladonia furcata	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Reliques de la Chênaie dégradée										
Salix atrocinerea	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	+	.....
Sorbus aucuparia	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rhamnus Frangula	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....
Pteris Aquilina	1 1	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Vaccinium Myrtillus	+	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Ilex Aquifolium	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sarothamnus Scoparius	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ulex europæus	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Carex pilulifera	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Leucobryum glaucum	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

$A_0 - A_1$	Horizon d'humus brut d'aspect tourbeux.
	— 10 à — 20.
A_2	Gris cendreux.
	— 20 à — 60.
G	Gley compact.

Ce profil est très voisin de celui de la lande tourbeuse, dans lequel l'horizon A_2 a tendance a disparaître; il s'observe toujours en stations mal drainées, au pied des pentes dans les dépressions (station 238), ou bien en station parfaitement horizontale, sur une roche-mère gréseuse, moins profondément désagrégée que celle de la station 239 (Station 2310).

Analyses (voir pour certains de ces sols le rapport C/N, tableau XXV, troisième partie).

Podzol humo-ferrugineux (Lande mésophile)

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Mat. org. humifiée	Fer libre	Chaux éch.
Station 231:										
A_1	5	8,5	14,7	64,5	9,0	0,5	2,8	0,6	0,08	1,9
A_2	5,2	3,0	13,8	71,0	11,7	0,1	0,4	0,2	0,07	0,5
B_1	5	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	4,0	1,8	0,29	
B_2	5,4	7,0	19,5	55,9	14,0	1,7	1,9	0,4	0,54	0,4
Station 233:										
A_2	5,4	1,2	14,7	68,9	14,0	0,2	1,0	0,6	0,05	
B_1	5,0	6,2	12,0	50,0	18,0	3,6	10,2	5,6	0,25	
B_2	5,6	2,5	10,7	73,8	12,5	0,8	1.7	0,7	0,20	
Station 235:										
A_1	4,5	(*)	(*)	(*)	(*)	2,2	12	5,5	(*)	1,8
A_2	4,6	2,7	24	55,1	17,0	0,3	0,9	0,6	0,06	0,7
B_1	4,6	10,7	18,3	47,9	14,7	2,0	6,4	2,8	0,09	0,9
B_2C	5,7	3,2	12,3	56,8	24,2	1,2	2,3	0,7	0,35	0,7
Station 236:										
A_1	4.7	5,2	13,0	68,8	6.5	1,3	5,2	4,7	0,05	1,3
A_2	5,0	2,7	17,0	71.0	7,5	0,4	1,4	1,4	0,05	0,5
B_1	5,0	6,5	5,5	64,8	5,0	6,2	12,0	12,0	0,36	0,5
B_2	5,5	5,5	9,2	58,2	23,5	1,5	2,1	2,0	0,28	0,4

* Non dosés.

Podzols humiques et podzol à Gley (Lande humide à Erica tetralix et Molinia cœrulea)

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H^2O	Mat. org.	Mat. org. humifiée	Fer libre
Station 239:									
A_1	5,2	4,6	4,2	38,7	47,5	0,8	4,2	2,5	(*)
A_2	5,2	4,2	5,2	39,4	48,7	0,3	2,2	2,2	0,05
B (Alios) ..	5,4	10,7	5,7	37,8	39,0	2,4	4,4	4,2	0,09
G	5,4	37,2	10,0	38,1	11,0	2,7	1,0	0,9	0,46
Station 2310:									
A_1	5,6	6,0	6,3	38,6	47,5	0,4	1,2	(*)	0,08
G	5,4	17,8	9,1	40,6	31,0	1,0	0,5	(*)	0,45

Ces résultats d'analyse appellent quelques commentaires:

Notons d'abord l'appauvrissement considérable pour tous ces sols, de l'horizon A_2 en fer et en argile; le rapport de podzolisation-fer atteint ou dépasse toujours 5; il est important de souligner qu'on n'observe qu'une très faible accumulation d'argile dans l'horizon B des podzols humo-ferrugineux, car l'argile est entraînée le long des pentes vers les fonds. Par contre, cette accumulation devient très nette dans l'horizon de Gley des podzols en station horizontale; cela ne fait que confirmer ce qui a été observé déjà pour les sols moins évolués.

On peut observer une différence importante entre les résultats analytiques des sols de lande jeune (231), de lande d'âge moyen (235) et de lande ancienne (236); on constate que la teneur en matières organiques de l'horizon B_1 est d'autant plus élevée que la lande est plus ancienne; pour la vieille lande du Menez-Hom (236), le rapport de podzolisation-fer dépasse 7, et la teneur en matière organique de B, atteint 12 %: comparés à la faible teneur en argile de cet horizon, ces chiffres sont significatifs.

Enfin, il est intéressant de constater que dans le podzol humique (239), la richesse de l'horizon A_2 en matière organique, est plus forte que celle de l'horizon A_2 des podzols humo-ferrugineux: autrement dit, le rapport de podzolisation de la matière organique est plus élevé pour ces derniers sols (8 à 10) que pour le podzol humique (2).

3° LES SOLS D'HUMUS BRUT (T_1)

Ces sols sont localisés sur les crêtes de roches dures (quartzites et roches cristallines) restées en saillie sous l'action de l'érosion. Leur profil est très simple: ils ne comprennent guère qu'un horizon holorga-

nique formé par une accumulation de matière organique fibreuse, non humifiée ou incomplètement humifiée, reposant directement sur la roche-mère faiblement désagrégée; cet horizon d'humus brut peut avoir 10 à 30 cm. d'épaisseur, lorsqu'il s'agit d'une lande; mais si la lande a été plantée de résineux (Epicéa, pin sylvestre ou pin maritime, par exemple), son épaisseur peut dépasser 50 cm.

On constate que le type de lande qui occupe ces stations à humus acide, est un type jeune comprenant de nombreuses reliques de la Chênaie acidophile ou de la Chênaie dégradée; on peut en conclure que les sols d'humus brut sont eux-mêmes des sols jeunes, qui sont en voie d'évolution vers le type podzol: nous reviendrons, dans les pages qui suivent, sur cette question.

a) Association type (Tableau XIV, 2311 à 2314)

La lande qui caractérise les sols d'humus brut est une lande à bruyères dominantes; les plus xérophiles, *Calluna vulgaris, Erica cinerea*, l'emportent sur les espèces hygrophiles, sur ces stations très drainées à sol très superficiel. Le fait le plus important à souligner est la présence d'espèces indiquant une dégradation récente de la Chênaie (*Pteris Aquilina* surtout), accompagnées de mousses, et parfois d'espèces de la Chênaie acidophile (*Teucrium Scorodonia*).

Il s'agit donc d'un type de lande jeune, qu'on peut comparer aux landes sur schistes (sols bruns); c'est la raison pour laquelle nous avons fait figurer les relevés de cette association sur le Tableau XIV à côté des relevés de lande jeune sur schistes, et des relevés de chênaie dégradée à Bruyères.

Les principales stations qui ont fait l'objet de relevés sont:

Station 2311. — Grès de May. Mont d'Etenclin (Manche), sommet; pente très faible.

Station 2312. — Gneiss. Lande de la région de Plumelec (Morbihan); pente très faible.

Station 2313. — Quartzite ordovicien de Saint-Germain. Forêt de Saint-Aubin du Cormier (Ille-et-Vilaine); pente très forte près du sommet du Rocher du Parc.

Station 2314. — Granite. Croupe de Coëffan près de Quintin (Côtes-du-Nord); pente légère vers le Sud.

Le profil est très simple et très constant; signalons cependant sous la couche humifère l'existence d'un horizon A_2 presque cendreux de

quelques centimètres, dans les fissures de la roche-mère de la station 2311 ; elle indique un début d'évolution vers le profil du podzol.

4° LES SOLS DE TOURBIÈRE HAUTE (T_2)

Les tourbières, abondantes dans le secteur armoricain, en raison de l'humidité atmosphérique et de l'imperméabilité des roches-mères, occupent les stations mal drainées, cuvettes sans écoulement, ou bas-fonds au pied des pentes ; le plan d'eau est toujours très élevé, en général pour une cause topographique.

Les tourbières peuvent reposer sur tous les types de roches-mères qu'on rencontre dans le secteur armoricain, celles-ci pouvant toujours constituer, à une profondeur suffisante, un substratum imperméable. Le profil peut être variable suivant les cas ; en surface, sur une profondeur de 15 à 40 cm., on trouve toujours l'horizon tourbeux, très riche en humus de *Sphagnum* d'aspect gras et compact ; sur les plateformes de roches dures mal drainées (quartzites), cet horizon tourbeux peut reposer directement sur la roche-mère inaltérée (station 2320) ; mais dans les dépressions situées au pied des pentes, on constate qu'il existe toujours, sur une profondeur plus ou moins grande, une couche de terre fine, dépourvue de cailloux, riche en argile, qui isole l'horizon tourbeux superficiel, de la roche-mère sous-jacente ; dans ce cas, la couche de tourbe repose sur un horizon de Gley ; l'absence presque complète de cailloux dans cet horizon riche en éléments fins, prouve bien qu'il ne s'agit pas là d'un sol provenant de la décomposition de la roche-mère en place, mais bien d'un sol d'origine colluviale, provenant des pentes qui dominent la dépression (cas de la plupart des stations étudiées).

L'association est très semblable à celle qui a été observée dans le secteur ligérien en stations analogues ; elle se complète de certains éléments atlantiques (*Narthecium ossifragum*) ou boréaux (*Rhynchospora alba*) qui font défaut dans le secteur ligérien.

a) Association type (Tableau XVI)

C'est l'association décrite par Allorge [9] sous le nom de tourbière spongieuse à *Erica tetralix*.

Les caractéristiques essentielles sont les mêmes que dans le secteur ligérien : les *Sphagnum* forment un tapis presque continu ; *Erica tetralix* est constante ; comme autres caractéristiques, citons *Scirpus cæspitosus, Eriophorum polystachion, Carex stellulata* et *C. flava, Drosera rotundifolia* et *D. anglica, Rhynchospora alba, Narthecium ossifragum.*

De nombreuses espèces de la lande humide telles que *Erica ciliaris, Molinia cærulea, Ulex nanus,* et même *Calluna vulgaris,* peuvent exister en plus ou moins grande abondance : dans bien des cas, il semble qu'il s'agisse d'espèces reliques d'un état antérieur à plan d'eau moins superficiel : l'augmentation de l'humidité du sol peut provenir de causes variables, dont les deux plus fréquentes semblent être la disparition de la forêt, instable dans ces stations mal drainées (station 2315, véritable « trouée » au milieu d'un bois bien venant), et l'apport d'argile fine d'origine colluviale, provenant des pentes entourant les dépressions.

Assez souvent, des espèces caractéristiques de la Chênaie acidophile ou dégradée (*Rhamnus Frangula, Salix atrocinerea, Betula pubescens, Pteris Aquilina*) sont les témoins encore plus sûrs d'un état antérieurement boisé (stations 2315 et 2322).

Principales stations étudiées (Tableau XVI) :

Station 2315. — Schistes et quartzites de Plougastel. Route de Châteauneuf du Faou à Scaer, au croisement de route de Laz (Finistère). Trouée à sol presque horizontal dans un bois (cf. station 214).

Station 2316. — Schistes et quartzites de Plougastel. Tourbière au pied du Mont Saint-Michel de Braspart (Finistère).

Station 2317. — Schistes et quartzites de Plougastel. Tourbière près du barrage du lac Saint-Michel de Braspart (Finistère).

Station 2318. — Grès armoricain. Tourbière au bas de la pente de grès armoricain sur la route de Cast à Châteaulin, à 5 km. de Châteaulin (Finistère).

Station 2319. — Grès de May. Tourbière de Lessay. Lande de Lessay à l'Est de l'Eventard (Manche) ; dépression en cuvette.

Station 2320. — Schistes et quartzites de Plougastel. Tourbière sur plateforme à l'Ouest du rocher du Cragou. Monts d'Arrée (Finistère).

Station 2321. — Schistes et quartzites de Plougastel. Tourbière en station horizontale à Coat-Arc-Herno, entre Scrignac et Guerlesquin (Finistère).

Station 2322. — Gneiss granitoïdes. Forêt de Camor ; dépression à l'entrée de l'Arboretum de Camor, près de la gare de Camor (Morbihan).

TABLEAU XVI. — SECTEUR ARMORICAIN -
TOURBIÈRE SPONGIEUSE A SPHAGNUM ET ERICA TETRALIX

Stations	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322
DOMINANTES ET CARACTÉRISTIQUES								
Erica tetralix	2 3	+	1 2	1 2	+	3 1	2 3	3 3
Eriophorum polystachion	.....	2 1	.....	.....	+	2 3	.....	.....
Scirpus cæspitosus	.....	.....	1 2	.....	3 3	1 3	1 3	.....
Carex stellulata	.....	.....	.....	.....	.....	2 1	.....	.....
C. flava	.....	+	.....	1 1	+	+	.....	.....
Rhynchospora alba	.....	.....	.....	.....	.....	+	+	.....
Juncus acutiflorus	.....	.....	.....	.....	.....	1 1	.....	.....
J. squarrosus	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
Narthecium ossifragum	.....	.....	.....	.....	.....	2 1	+	.....
Drosera rotundifolia	.....	.....	.....	.....	1 1	+	.....	.....
D. anglica	.....	.....	.....	.....	.....	+	+	.....
Helodes palustris	.....	.....	.....	.....	2 1	.....	.....	.....
Osmunda regalis	+	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....
Hydrocotyle vulgaris	.....	.....	.....	1 1	.....	.....	.....	.....
Myrica gale	.....	.....	1 3	.....	.....	.....	.....	.....
Salix repens	.....	.....	1 1	1 2	+	.....	1 2	.....
Sphagnum sp.	4 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	4 5	3 2
Aulacomnium palustre	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
COMPAGNES								
Salix aurita	1 2	.....	1 3	1 2	.....	.....	.....	.....
Molinia cærulea	4 4	3 2	2 3	.....	1 2	3 4	5 5	5 5
Juncus effusus	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ulex nanus	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2 2	.....
Genista anglica	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Erica ciliaris	2 3	.....	2 2	2 2	.....	2 2	2 3	2 3
Calluna vulgaris	1 3	.....	.....	.....	.....	+	1 3	+
Carum verticillatum	.....	1 1	+	1 1	.....	.....	.....	.....
Polygala serpyllacea	.....	+	.....	+	.....	+	.....	.....
Blechnum spicant	+	.....	.....	+	.....	.....	.....	+
Viola palustris	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
RELIQUES DE LA CHÊNAIE ACIDOPHILE								
Betula pubescens	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2 1
Salix atrocinerea	+	.....	+	.....	.....	.....	.....	1 1
Rhamnus Frangula	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Pteris Aquilina	1 2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1 1
Potentilla tormentilla	+	.....	.....	.....	+	+	.....	+
Ulex Europæus	1 1	.....	2 3	.....	.....	.....	.....	.....
Pedicularis sylvatica	.....	.....	+	+	.....	.....	.....	.....

b) Profils et analyses

Il est rare que l'horizon tourbeux repose directement sur la roche-mère (roche-mère très dure, résistant à la décomposition physique et chimique, en station horizontale) ; c'est le cas de la station 2320.

A_0	Horizon tourbeux ; humus de *Sphagnum* d'aspect « gras ».
	— 30 à — 40.
C	Quartzite non décomposé.

Le plus souvent, un horizon de Gley, riche en éléments fins, peu caillouteux, s'observe sous la couche de tourbe :

A_0 - A_1	Horizon tourbeux (horizon A_1 très réduit et peu distinct de A_0).
	— 10 à 30.
A_2	Horizon jaunâtre, très compact, sans cailloux, passant progressivement au Gley (cet horizon fait parfois défaut).
G	Gley marbré de rouille et de gris très compact.

Analyses

	pH	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	H_2O	Mat. org.	Fer libre
Station 2318 :								
A_2	5,6	17,2	32	22,1	2,5	3,9	22,3	
A_1	5,6	17,7	22,5	43	8,5	2,1	6,2	
G	5,7	20,5	22,5	47,1	6,0	0,8	3,1	
Station 2321 :								
A_1	6	9,8	26,0	43,2	7,5	2,2	11,3	
G	5,6	14,7	32,8	44,7	5,7	0,8	1,3	
Station 2322 :								
A_1	5	13,0	23,0	32,5	16,0	2,9	12,6	0,15
G	5,6	15,6	30,7	38,1	13,5	1,0	1,1	0,22

Il est intéressant de remarquer la teneur élevée en éléments fins des différents horizons de ces sols, même lorsque, comme c'est le cas pour la station 2318, ils reposent sur des grès pauvres, en éléments colloïdaux (index des minéraux basiques de la station 2318 : 0,3 %).

V. — Evolution des sols et des associations dans le secteur armoricain
(Tableau XX)

Il se dégage de l'étude des principaux types de sols forestiers du secteur armoricain, que leur évolution dépend dans une large mesure de leur *situation topographique,* qui s'avère ainsi être un facteur essentiel. La genèse d'un sol sur une même roche-mère, sera donc très différente suivant que la station sera horizontale, ou située le long d'une pente plus ou moins forte, ou encore localisée dans une dépression à la base d'une pente.

Le long des pentes de roches dures et imperméables, surtout lorsque celles-ci sont résistantes à l'érosion, on peut observer un phénomène particulier : il se produit un entraînement des éléments solubles et colloïdaux non pas verticalement, comme dans le cas général, mais obliquement le long de la pente : Aubert a signalé ce phénomène à propos des sols sur granites [18] et lui a donné le nom de *lessivage oblique.*

Ce lessivage oblique ne produit guère d'effets visibles sur les roches tendres, telles que les schistes ; sur ces roches-mères, c'est l'érosion qui agit surtout ; la désagrégation des schistes donne en effet peu d'éléments grossiers, et la presque totalité des produits de décomposition est ainsi entraînée, ce qui provoque un *rajeunissement d'ensemble* du sol. Cela explique, d'une part, que les sols sur ces roches-mères ne se lessivent pas, d'autre part, qu'on n'observe pas de différence essentielle entre les sols situés à différents niveaux d'une même pente : la seule constatation qui s'impose est l'existence de profils plus profonds, et souvent à horizon de Gley, dans les dépressions non drainées au pied des pentes.

Par contre, l'action du lessivage oblique est beaucoup plus intense et plus visible sur les roches dures, résistantes à l'érosion, et qui donnent naissance par leur désagrégation à une forte proportion d'éléments grossiers ; nous voulons parler des roches cristallines et des grès durcis : leur dureté interdit un rajeunissement rapide par l'érosion, de sorte que l'évolution du sol n'est pas freinée ; de plus, le lessivage oblique provoque une séparation des éléments grossiers qui restent sur place et servent de support au sol qui se forme au sommet de la pente, et des éléments fins qui, entraînés vers le bas, donnent naissance ainsi à un sol tout à fait différent.

Il faut cependant faire une distinction entre l'évolution des grès durs (quartzites) et celle des granites : ces derniers possèdent en effet une réserve de minéraux inaltérés qui, en se décomposant progressi-

vement, provoquent un certain rajeunissement du sol qui s'ajoute à celui causé par l'érosion le long des pentes, et retarde l'évolution ; sur les pentes raides, le sol reste ainsi à l'état de sol brun ou de sol lessivé ; sur les pentes plus faibles, ou lorsque la roche-mère est plus résistante à la désagrégation mécanique et chimique, le lessivage peut se poursuivre, mais le stade podzol est rarement atteint.

Enfin, il est nécessaire de signaler un cas particulier, c'est celui de roches présentant en stratification alternée des bancs de quartzites et des lits de schistes, comme c'est le cas des schistes et des quartzites de Plougastel : dans ce cas, on constate que les affleurements où le quartzite domine, restent en saillie et forment des crêtes rocheuses qui surplombent des pentes de plus en plus riches en schistes, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la crête (par exemple, en forêt du Cranou, canton du Loabou, l'index des minéraux basiques donne 10 % au sommet, station 229, plus bas 35 %, station 2210, enfin plus bas encore 46 %, station 216).

Dans de telles conditions, il est difficile de savoir d'après l'analyse s'il y a lessivage oblique de l'argile ; mais on constate que les acides humiques descendant des crêtes rocheuses à sol plus évolué, provoquent une acidification et un lessivage accentué de zones plus schisteuses situées en contre-bas : c'est un des rares cas où on peut rencontrer un sol podzolique sur une roche-mère à forte proportion de schistes (station 2210).

C'est donc la topographie d'abord, la roche-mère ensuite, qui vont nous servir de base pour l'étude, en raccourci, de l'évolution des sols et des associations forestières dans le secteur armoricain.

1° EVOLUTION DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS EN STATION HORIZONTALE

Il faut distinguer trois cas :

1° Le cas d'une roche-mère schisteuse donnant par décomposition une argile compacte et imperméable.

2° Le cas d'une roche-mère donnant par décomposition un sol plus filtrant en surface, susceptible d'évoluer vers le podzol à Gley.

3° Le cas d'une roche-mère assez friable et riche en éléments grossiers (grès peu compacts), pouvant se désagréger en arène sableuse sur laquelle peut prendre naissance un profil de podzol humique.

a) Roche-mère schisteuse

Ce cas est très simple : nous avons vu que le sol sur une telle roche-mère n'évoluait pas, ou n'évoluait que faiblement, en raison de l'im-

perméabilité et de la compacité du substratum ; le sol reste donc à l'état de sol brun ou de sol lessivé ; la Chênaie-Hêtraie acidophile, type de forêt climax, est stable sur de tels sols, car elle assure par elle-même (absorption d'eau par les racines), le drainage du sol ; il s'agit le plus souvent du faciès le plus frais à *Holcus mollis* (station 214).

Mais sous l'effet de destructions d'origine humaine ou biotique, la Chênaie passe par les divers types de dégradation que nous avons étudiés et évolue vers une lande à Ericacées, riche en éléments reliques de la Chênaie, lande qui n'est donc pas un Climax, mais peut évoluer rapidement à nouveau vers la forêt ; lorsque le drainage est insuffisant et que le plan d'eau remonte au voisinage de la surface, la forêt ainsi détruite cède la place à une vraie tourbière (cf. stations 214 et 2315).

b) Roche-mère gréseuse ou cristalline, dure et a désagrégation lente

C'est le cas général pour les quartzites et pour les granites ; ces roches se désagrègent lentement, donc peu profondément, et le résultat de leur décomposition est un mélange d'éléments grossiers et d'éléments fins qui ont tendance à se séparer par lessivage en deux horizons, un horizon supérieur où subsistent surtout les sables, un horizon inférieur où migrent les argiles et qui, plus ou moins gorgé d'eau, prend parfois l'aspect d'un Gley ; il est rare de trouver une forêt en bon état sur ces roches-mères : le plus souvent il s'agit d'une *Chênaie dégradée à Pteris Aquilina et à Molinia cærulea* (sol faiblement podzolique V_2 à Gley) qui évolue vers une *Chênaie dégradée à Molinia cærulea* (sol fortement podzolique V_1 à Gley), et enfin, vers la lande humide à *Erica tetralix* (Podzol à Gley), ou même, lorsque le drainage est encore plus médiocre, vers la *tourbière à Sphagnum* (sol T_2).

Comme exemples de Chênaie dégradée à grande Fougère et à Molinie, citons les stations 228 ; comme Chênaie dégradée à Molinie, les stations 2218, 2219, 2220 ; les stations 238 et 2310 sont de bons exemples de landes humides à *Erica tetralix*.

c) Roche-mère gréseuse, se décomposant en sables sur une assez grande profondeur

Ce cas est rare et, comme nous l'avons vu, il conduit à une évolution du sol analogue à celle qui se produit sur les sables du secteur ligérien et des Landes en station horizontale ; la forêt se dégrade en donnant une lande encore du type humide (Lande à *Erica tetra-*

lix), mais reposant sur un *podzol humique à Alios* (landes de Lessay, station 239).

2° EVOLUTION DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS SUR LES PENTES SCHISTEUSES

Comme nous l'avons signalé à maintes reprises, le sol ne se lessive guère, il reste à l'état de sol brun ou faiblement lessivé, et le profil ne varie pas tout au long de la pente ; on observe cependant une différence entre un profil situé sur la pente elle-même, et un profil situé dans un bas-fond au pied de la pente : sur la pente, le sol est très superficiel et sous les horizons A_0 et A_1, on ne trouve qu'un mince horizon A_2 brun, qui passe très rapidement à la roche-mère en cours de décomposition (profils 211, 212, 219, par exemple), alors qu'au bas de la pente, le sol enrichi en éléments colluviaux, est beaucoup plus profond, moins riche en cailloux, et peut présenter un Gley très épais (prifil 217), si le drainage est médiocre.

Le premier type de sol sur pente bien drainée est caractérisé par une Chênaie-Hêtraie acidophile, stable, de belle venue ; les sols à Gley dans les dépressions supportent le faciès plus humide à *Holcus mollis*.

Cette Chênaie acidophile n'évolue vers la lande que sous l'action humaine, en passant le plus souvent par l'intermédiaire de la Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* et *Vaccinium Myrtillus*, et sans que cette transformation de la végétation soit accompagnée par un lessivage plus accentué du sol ; il apparaît ainsi une lande jeune, non paraclimacique, présentant de nombreuses reliques de la Chênaie ; le plus souvent, cette lande est « étrépée », ce qui empêche la réinstallation de la forêt (cf. stations 2116 à 2120 : Chênaie dégradée sur schistes - stations 2121 à 2125 : Lande jeune sur schistes). Dans les fonds, la forêt évolue vers une lande tourbeuse à *Sphagnum* et *Erica tetralix*.

3° EVOLUTION DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS SUR LES PENTES DE ROCHES DURES (PLANCHES XV ET XVI)

Cette évolution, essentiellement liée au phénomène du *lessivage oblique*, se fait en trois phases : au cours de la première phase, la phase forestière, c'est surtout l'argile qui est entraînée des niveaux supérieurs pour s'accumuler dans le bas des pentes : l'horizon B est inexistant dans la partie haute où le profil reste superficiel, alors qu'on observe à la base un sol profond à Gley, le plus souvent ; la seconde

phase est marquée par l'apparition d'une lande (dans le cas général), au sommet ou au voisinage de la crête, et ce sont alors les acides humiques ainsi formés qui migrent vers le bas et modifient l'aspect et l'évolution des profils sous-jacents ; enfin, dans la troisième phase, la lande se généralise tout au long de la pente ; les colloïdes humiques à grosse molécule, migrent cette fois verticalement, la roche-mère se trouvant plus profondément désagrégée et ameublie ; le profil typique du podzol apparaît alors et progresse, depuis le sommet vers la base.

Nous allons examiner d'une manière plus détaillée les trois phases de cette double évolution.

a) Première phase : phase des sols bruns ou lessivés

La présence de sols peu lessivés indique le début de l'évolution le long d'une pente donnée ; les sols, encore relativement pauvres en matière organique, sont surtout caractérisés par un début de migration de l'argile, ou des éléments fins (argile + limon) du haut en bas des pentes.

Au sommet des pentes, on observe un sol lessivé humique (N_1), ou un sol faiblement podzolique (V_2), à profil très superficiel : l'horizon A_2, presque inexistant, se confond avec l'horizon C et il n'y a pas trace d'accumulation. Par contre, à la base, le profil est du type sol brun à Gley ou à horizon B argilo-ferrique (type N_2) ;le sol est beaucoup plus profond et plus compact dans son ensemble. L'analyse montre que tous les horizons sont enrichis en argile, particulièrement les horizons inférieurs ; l'absence presque complète de cailloux, dans ces sols de dépressions, fait contraste avec les sols des pentes, toujours très caillouteux ; cela confirme l'origine colluviale de la plus grande partie de leurs éléments.

Les sols situés près des crêtes ne paraissent appartenir à la catégorie des sols lessivés que sur les granites en tous climats (station 2114), ou sur les quartzites en climat peu humide (Haute-Bretagne, bassin de Rennes, 2112). Dans la Basse-Bretagne, et en forêt d'Ecouves, à climat plus humide, ce sont déjà des sols faiblement podzoliques qui occupent ces crêtes gréseuses (stations 222, 226).

Les associations qui caractérisent ce stade initial, appartiennent encore à la Chênaie : les pentes et les crêtes sont occupées par une Chênaie à Mousses, ou bien, comme c'est le cas pour les pentes de quartzites, en climat humide (particulièrement en Basse-Bretagne), par une Chênaie appartenant déjà au type dégradé à *Vaccinium Myrtillus* et à *Pteris Aquilina* (stations 222 et 226). Quant aux dépressions au pied des versants, elles sont caractérisées, le plus souvent, par une *Chênaie*

Tableau XVII. — Lessivage oblique - Phase sol brun ou lessivé

Situation topographique	Station	Association	Index min. bas.	Sols	Particularités du profil	Horizon	pH	Argile	Mat. org. (1)	Fer libre
I. — *Forêt de Saint-Aubin*										
1° Pente forte	2112	Chênaie à mousses	0,3	N_1	caillouteux, superficiel pas de B	A_2	5,4	11,2	3,1 (1,2)	0,47
2° Pied de pente (pente encore accentuée)	2112	— id. —	0,02	N_2	plus profond, pas de B à cause de la pente, *sans cailloux.*	A_2	5,8	15,8	1,8	0,63
II. — *Forêt de Carnoët*										
1° Pente forte	2114	Chênaie à mousses		N_1	superficiel, pas de B	A_2-C	5	12,7	6,1 (1,4)	
2° Pied de pente (pente presque nulle)	218	Chênaie à *Holcus mollis*			profond à Gley	G	5,6	26	0	

(1) Les chiffres entre parenthèses indiquent la matière organique humifiée extraite à la potasse.

acidophile à Holcus mollis, parfois par une *Chênaie à Mousses,* suivant que le drainage est plus ou moins bon.

Nous résumerons ces indications, en étudiant quelques exemples précis, présentés sous forme de tableaux (Tableau XVII).

Premier exemple. — Forêt de Saint-Aubin du Cormier (Ille-et-Vilaine), sur quartzite (canton de Charrière fleurie).

Deuxième exemple. — Forêt de Carnoët (Finistère) sur granite (canton des Grands Buis).

On constate une augmentation d'argile et du pH dans les profils inférieurs par rapport aux profils supérieurs, d'autant plus accentuée que la diminution de pente est plus marquée.

Un autre exemple, pris également dans la forêt de Saint-Aubin, constitue un terme de passage avec la phase suivante (canton du Rocher du Parc). Au sommet du Rocher du Parc, on observe un sol d'humus acide, occupé par une lande, d'ailleurs plantée de pins sylvestres (station 2312). Mais cet humus acide n'a pas influencé par lessivage oblique le sol situé en contrebas : celui-ci est encore du type sol brun lessivé et il porte une Chênaie à Mousses.

b) Seconde phase : phase des sols podzoliques humiques

Au cours de cette seconde phase, non seulement l'entraînement des colloïdes argileux continue le long des pentes, mais les colloïdes humiques commencent à leur tour à migrer de haut en bas, quoiqu'à une distance plus faible que l'argile ; ces colloïdes humiques prennent naissance en abondance, au voisinage des crêtes, où une lande à bruyères s'est le plus souvent installée après disparition plus ou moins complète de la forêt.

Au début de cette phase podzolique, la succession des types de sols est la suivante :

La crête est occupée par un sol d'humus brut, caractérisé, à l'origine, par une simple accumulation de matière organique incomplètement décomposée, puis un début d'horizon éluvial A_2 presque cendreux apparaît sous la couche humique, et se développe progressivement : mais on n'observe pas *d'horizon illuvial humique,* la matière organique ayant migré à un niveau inférieur.

A mi-pente, on observe un sol podzolique humique, dont tous les horizons, même le plus lessivé A_2, sont enrichis en matière organique provenant du sommet.

Enfin, à la base de la pente, c'est encore un sol brun à Gley qui subsiste, car les acides humiques n'atteignent pas cette zone ; le plus

souvent, dans les parties à faible pente, peu drainées, on peut déjà noter la présence de taches de *Sphagnum* avec accumulation de tourbe.

Lorsque l'évolution des sols est plus avancée, le type sol podzolique humique se généralise tout au long de la pente et le type tourbeux prend une grande extension à la base ; la succession est alors la suivante :

Au sommet, on note la présence d'un sol podzolique passant au podzol, ou d'un podzol encore jeune : la perméabilité de la roche-mère augmentant au fur et à mesure que le lessivage de l'argile se poursuit, l'horizon A_2 cendreux devient progressivement plus épais, et un horizon d'accumulation humique B, encore réduit, commence à se former. A mi-pente, on trouve un sol podzolique humifère toujours particulièrement riche en matière organique, et enfin à la base, un sol tourbeux, au moins dans les zones mal drainées.

La végétation suit une évolution parallèle ; initialement, on observe au sommet une lande jeune, avec de nombreuses reliques de la Chênaie ; à mi-pente, lui succède une Chênaie dégradée à *Vaccinium Myrtillus* et à *Pteris Aquilina,* dont le sol est souvent plus lessivé que dans le cas normal, par suite de l'apport d'acides humiques venant des sommets. Enfin, à la base, on peut encore trouver, si le sol brun subsiste, une Chênaie à *Holcus mollis;* peu à peu, la lande progresse de haut en bas, semblant pousser devant elle la Chênaie dégradée qui descend à son tour ; la Chênaie acidophile disparaît et au pied de la pente, s'installe une tourbière à *Sphagnum* et *Erica tetralix.*

Une place à part doit être faite aux crêtes schisto-gréseuses de la Forêt du Cranou (Finistère), canton du Loabou ; cette forêt, traitée en futaie, manifeste une résistance particulière à la dégradation, et n'évolue que lentement. Malgré l'accumulation considérable d'humus acide provenant de la dominance du Hêtre (dont la feuille se décompose très lentement sous ce climat très humide — voir troisième partie), les sols sont restés à l'état de sol podzolique, même près de la crête, et le peuplement s'est maintenu dense, quoique la croissance soit très lente au sommet ; ce fait particulier, s'explique par l'intervention de plusieurs facteurs : d'abord, il s'agit non d'un grès pur, mais d'un grès schisteux, dont la proportion de schiste croît du haut en bas de la pente ; les sols formés sont particulièrement riches en argile et imperméables ; de plus, l'état serré du peuplement, provoquant, par l'absorption des racines, une grande consommation d'eau, le lessivage oblique est partiellement freiné, et on n'observe qu'une faible migration des argiles. Il n'empêche que cette forêt est en équilibre instable à en juger par la rareté des semis et la difficulté de régénération, et il est

TABLEAU XVIII. — LESSIVAGE OBLIQUE - PHASE PODZOLIQUE

Situation topographique	Station	Associations	Index M. b.	Sols	Particularités du profil	Horiz.	pH	Argile	Mat. org. (1)	Fer libre
I. — *Forêt du Cranou* (Schistes et Quartzites de Plougastel).										
1° Sommet pente faible	229	Forêt dégradée à couvert dense	10 %	T_1V_1	Horizon A_0-A_1: 22 cm.	A_1	5,2	21,3	10,3 (5,6)	0,06
					A_2: 15 cm. Pas de B	A_2	5,6	25,5	2,6 (2,5)	0,13
2° Mi-pente - pente forte	2210	Forêt dégradée à couvert dense	35 %	V_1	Type normal	A_2	5	11,5	9,2 (6,4)	0,21
						B_1	5,2	18,7	9,0 (6,0)	0,40
3° Base de pente - pente faible	216	Chênaie-Hêtraie à *Holcus mollis*	46 %	N_1	Profil superficiel	A_2-C	5,2	23,8	7,0	0,53
4° Base de pente - pente nulle		Taches de *Sphagnum*		T_2	Tourbe: 60 cm.	A_1	4,8		21,8	
II. — *Mont d'Etenclin* (Grès de May)										
1° Sommet pente faible	2321	Lande jeune		T_1	Début de A_2 cendreux	(non analysé)				
2° Mi-pente - pente moyenne	2211	Chênaie dégradée		V_1	Normal	A_2	5,2	7,2	3,4 (2,8)	0,09
						B	5,4	12,2	6,7 (3,8)	0,46

3° Base de pente - pente faible	227	Chênaie dégradée		V_2	A Gley	A_2	5,6	7,2	2,4		0,23
						BG	5,8	17,8	1,2		0,71

III. — *Arboretum de Camor*
(Gneiss granitoïde)

1° Sommet de pente - pente moyenne	2216	Lande jeune		V_1P	Normal à B_1 peu épais	A_2	5,2	9,5	6,2	(6,0)	0,07
						B_2	5,4	10,2	11,2	(5,6)	0,64
2° Base de pente - pente nulle	2322	Tourbière		T_2	Normal à Gley	A_1	5	13	12,6		0,15
						G	5,6	15,6	1,1		0,22

IV. — *Forêt d'Ecouves*
(Grès armoricain)

1° Haut de pente - pente moyenne	231	Lande jeune	2%	P	Normal à B_1 réduit	A_1	5	8,5	2,8	(0,6)	0,08
						A_2	5,2	3,0	0,4	(0,2)	0,07
						B_1	5		4,0	(1,8)	0,29
						B_2	5,4	7,0	1,9	(0,4)	0,54
2° Bas de pente - pente faible	2213	Chênaie dégradée	0,3 %	V_1	Normal	A_1	4,2	8,1	18,3	(17,5)	0,12
						A_2	4,5	7,3	5,1	(4,4)	0,12
						B_1	4,2		6,6	(6,4)	0,50
						B_2	5,3	6,5	4,6	(4,2)	0,60

(1) Les chiffres entre parenthèses indiquent la matière organique humifiée, soluble dans la potasse étendue.

hors de doute, que la moindre trouée au voisinage du sommet provoquerait l'évolution vers la lande: la Molinie se montre envahissante dans les parties claires.

Nous étudierons plus en détail quatre exemples précis, qui correspondent à peu près à trois degrés différents de l'évolution des sols et de la végétation le long d'une telle pente:

1° Forêt du Cranou, canton du Loabou, sur schistes et quartzites de Plougastel: c'est encore un stade de début, et qui semble n'évoluer que lentement.

2° Mont d'Etenclin (Manche), pente Sud sur grès de May. Cet exemple montre un cas d'évolution plus avancée.

3° Arboretum de Camor (Morbihan) sur granite. Petite pente au voisinage d'une dépression près de la gare de Camor.

4° Massif d'Ecouves (Orne), sur crête de grès armoricain; les Barres de Rouperroux.

Ces deux derniers exemples trahissent une dégradation plus complète encore de la forêt et des sols, et constituent ainsi un passage avec le stade podzol. Nous avons résumé les caractères particuliers de ces quatre types de pente dans le Tableau XVIII.

Si on examine les résultats des analyses indiqués sur ce tableau, on constate qu'en dehors du cas du sol supérieur de la forêt du Cranou (229) — nous avons déjà expliqué la raison de cette exception — il y a enrichissement en argile du haut en bas des pentes. Mais c'est surtout le lessivage oblique des colloïdes humiques qui ressort nettement de l'examen des analyses: alors que les sols des crêtes n'offrent pas d'horizon illuvial humifère, ou n'en offrent qu'un d'épaisseur réduite, les sols situés plus bas sont considérablement enrichis en matière organique sur l'ensemble du profil, ce qui a pour effet d'abaisser fortement leur pH, à l'inverse de ce qui a été constaté lors de la première phase. Notons, à ce propos, que la migration des acides humiques reste plus localisée que celle de l'argile: si elle exerce une influence notable sur des sols situés en contrebas à une distance relativement faible, elle ne s'étend pas jusqu'aux sols à Gley, au pied des pentes, en station horizontale (stations 216 à 227).

On constate également un entraînement notable de fer, probablement à l'état de complexe avec les colloïdes siliciques et humiques.

Parmi ces exemples, le plus caractéristique est celui de la forêt d'Ecouves: sous la lande à Callune, génératrice d'une grande quantité d'humus acide, l'ensemble du profil est faiblement humifère (231), alors qu'en bas de la pente, sous une association qui, normalement, fabrique

moins d'humus, la teneur en matière organique de tous les horizons est bien plus considérable (2213). Cette matière organique est d'ailleurs beaucoup plus humifiée dans ce dernier profil que dans le premier, ce qui confirme l'hypothèse (1).

c) Troisième phase: phase Podzol

Caractéristique des affleurements de grès et quartzites, cette phase s'observe rarement sur granite. Elle correspond à l'installation de la lande sur toute l'étendue de la pente et à la disparition complète de la Chênaie, en même temps que le sol évolue vers le podzol humo-ferrugineux typique: c'est ce profil qu'on peut observer du haut en bas de la pente; sur ces profils très évolués, la roche-mère est en effet décomposée sur une profondeur assez grande, et la perméabilité devient suffisante pour que le lessivage des acides humiques s'exerce à nouveau verticalement; mais au pied de la pente, en station presque horizontale, mal drainée, le sol est du type tourbeux à Gley (T_2).

Le contraste est grand entre les caractères du podzol de pente et ceux de la tourbière au pied de la pente: le podzol est très pauvre en argile dans tous les horizons, il est extrêmement caillouteux (80 à 90 % de cailloux); l'horizon d'accumulation humique est bien développé et riche en matière organique, même au sommet de la pente (par opposition avec la phase précédente); par contre, l'horizon ferrique est réduit à une simple ligne rouille de 2 à 3 cm. d'épaisseur et il se confond rapidement avec la roche-mère.

Les sols tourbeux situés au pied de la pente sont caractérisés au contraire par une couche de tourbe surmontant une épaisseur parfois considérable de sol argileux à faciès Gley, *très pauvre en cailloux,* ce qui prouve bien qu'il s'agit d'une véritable roche-mère d'origine colluviale.

L'association, tout au long de la pente, est une *lande ancienne,* véritable *lande paraclimacique,* exempte de reliques de la Chênaie dans les cas les plus typiques; au pied de la pente on trouve au contraire une tourbière spongieuse à *Sphagnum* et *Erica tetralix.*

Trois exemples très nets de cette dernière phase ont été observés dans le Finistère, en Montagne Noire (237), au Mont Saint-Michel de Braspart et aux Monts du Menez-Hom.

Au Mont Saint-Michel de Braspart, on peut observer au sommet

(1) On peut rapprocher cette constatation de celle qui a été faite dans le secteur ligérien à propos de la forêt de Fontainebleau (Stations 1319, 1320. Voir également troisième partie, page 298).

TABLEAU XIX. —

Situation topographique	Station	Associations
Pente de Menez-Hom		
1° Crête - pente faible	236	Lande mésophile
2° Pied de la pente - zone horizontale.....	2316	Tourbière

un podzol humo-ferrugineux (station 235), à la base du versant, sur une pente faible, une lande humide, sur podzol à Gley (station 238), et enfin en station horizontale, la tourbière (station 2316).

Au Menez-Hom, deux profils ont été étudiés et analysés, l'un près du point culminant, l'autre au pied de la chaîne, le long de la route de Cast à Châteaulin (Tableau XIX).

La différence de teneur en argile entre les deux profils est considérable ; le pH beaucoup plus élevé dans le sol tourbeux, montre que s'il a été très enrichi en argile, il n'a pas été atteint par la migration des acides humiques au cours de la deuxième phase : cela confirme le fait que *la mobilité des colloïdes argileux* est plus grande *que celle des colloïdes humiques*. Il faut noter aussi que les horizons supérieurs du profil 2316 ont été enrichis en fer (par lessivage oblique) plus que l'horizon de Gley.

d) Conséquences du lessivage oblique

Nous pouvons résumer les principales constatations que nous venons de faire en énumérant sommairement les effets fondamentaux du lessivage oblique :

1° Le lessivage des sols débute par le sommet des pentes et progresse vers le bas ; bien entendu, la dégradation de la forêt et sa transformation en lande suit la même loi.

2° La migration des colloïdes minéraux (entraînant du fer) commence la première : lorsque l'appauvrissement du complexe absorbant au sommet de la pente est suffisant, la lande s'installe ; les colloïdes humiques

PHASE PODZOL

Index M. b.	Sols	Particularités du profil	Horiz.	pH	Argile	Mat. org.	Fer libre
	P	Extrêmement riche en cailloux	A_1	4,7	5,2	5,2	0,05
			A_2	5	2,7	1,4	0,05
			B_1	5	6,5	12,0	0,36
			B_2	5,5	5,5	2,1	0,28
0,3	T_2	Profond - compact sans cailloux	A_1	5,6	17,2	22,3	0,86
			A_2	5,6	17,7	6,2	0,60
			G	5,7	20,5	3,1	0,34

migrent à leur tour, mais moins loin que les colloïdes argileux; ils ne descendent pas jusqu'au *pied des pentes en station parfaitement horizontale;* ils acidifient et podzolisent les sols des parties inférieures des pentes.

3° Au cours de la première phase (migration des complexes argileux), il y a ralentissement de l'évolution des sols, situés à la base des pentes, par rapport à l'évolution de la végétation: on pourra ainsi trouver des Chênaies à mousses sur sols N_2 (p. ex.: station 2113). Au contraire, pendant la seconde phase, il y a *accélération de l'évolution des sols* de la base des pentes (sous l'influence des acides humiques reçus), par rapport à l'évolution de la végétation, qui en quelque sorte se trouve être en retard, sur celle des sols: c'est ainsi qu'on peut trouver souvent des *Chênaies dégradées à Vaccinium Myrtillus et à Pteris Aquilina* sur des sols très podzoliques (V_1) passant au podzol (stations 2210 à 2213).

4° Il est rare que la podzolisation soit poussée aussi loin sur les granites que sur les quartzites; le plus souvent, sur roches cristallines, la troisième phase (la phase podzol) manque: seuls les sommets des crêtes se couvrent de landes, et se podzolisent de façon accentuée: si l'homme n'intervient pas, la forêt peut subsister à la base des pentes; elle ne disparaît dans ces stations que dans des cas exceptionnels.

4° CONCLUSIONS

Il semble donc que, sur les crêtes de quartzites purs, la forêt soit en équilibre très instable, particulièrement en climat très humide (cas

de la Basse-Bretagne). Elle semble devoir évoluer d'une manière presque irrésistible vers la lande à Bruyères, la vitesse de cette évolution pouvant être seule influencée par l'homme, accélérée par l'action destructrice, ralentie au contraire par l'action raisonnée ; il est de fait que, dans le Massif armoricain, presque toutes les crêtes gréseuses ou même granitiques, en climat humide, sont déjà dénudées et couvertes de landes sur podzols : l'évolution est déjà un fait accompli ; cependant, il faut mentionner qu'en quelques cas, la forêt s'est maintenue sur des crêtes gréseuses ; si nous laissons de côté le cas de la forêt du Cranou dont il a été déjà question, on peut citer les exemples des stations 222 et 226 (Montagne Noire et forêt d'Ecouves, carrefour de la Branloire), où on observe, sur un sol faiblement podzolique, un taillis très médiocre, clairsemé, appartenant à l'association de la Chênaie dégradée à *Vaccinium Myrtillus et Pteris Aquilina:* on peut se demander comment une telle association forestière a pu se maintenir sur un sol aussi pauvre, alors que la forte acidité superficielle (4,2 pour 226), suffit à empêcher toute germination de graine, donc toute régénération. D'autre part, il peut paraître curieux que dans une futaie comme la forêt d'Ecouves, la maigre forêt qui couvre ces stations déshéritées, soit seule traitée en taillis ; or, c'est justement parce que la régénération naturelle par graine est presque impossible à réussir en de telles stations, que le forestier a eu recours à la multiplication végétative qui a permis le maintien de la forêt au cours des siècles... On peut admettre que les incendies qui ravagent parfois ces crêtes favorisent périodiquement le renouvellement des souches, par la destruction momentanée de la couche d'humus acide qu'ils occasionnent, ce qui permet pendant un certain temps la germination d'une notable quantité de graines ; dans ce cas particulier, le traitement en taillis favorise le maintien de la forêt, ce qui est assez exceptionnel : précisons que ce taillis joue un rôle particulièrement utile au point de vue sylvicole, car il empêche la dégradation de la forêt située en contrebas, dégradation qui, nous l'avons vu, ne manquerait pas de se produire si le sommet était envahi par la lande ; il s'agit donc d'un véritable taillis de protection, comparable au taillis de protection de feuillus, à la limite de la végétation forestière en montagne.

En ce qui concerne la possibilité de l'évolution progressive de la lande et du retour à la Chênaie, nous conclurons comme nous l'avons fait pour le secteur ligérien ; ce retour semble être relativement facile s'il s'agit d'une lande jeune, sur sol brun, ou sur sol lessivé, sur schiste ou sur granite. Mais l'homme empêche le plus souvent cette évolution

par la pratique du pâturage, de l'écobuage et de l'étrépage périodiques. (Voir troisième partie).

Par contre, on peut affirmer que la lande sur podzol des crêtes gréseuses, n'évoluera pas naturellement vers la forêt ; il s'agit véritablement d'un paraclimax, en équilibre avec le milieu et parfaitement stable.

TABLEAU XX. — SCHÉMA DE L'ÉVOLUTION DES SOLS ET DE LA VÉGÉTATION (SECTEUR ARMORICAIN)

Roche-mère	Situation topographique	Phase sols br. lessivés	Phase podzolique	Phase podzol (ou sol tourbeux)
1° STATIONS EN TERRAIN ACCIDENTÉ (pentes)				
Grés et Quartzites	Sommet de pente	Chênaie à mousses ou Chênaie dégradée à *Vaccinium Myrtillus, Pteris Aquilina* →	Lande jeune (ou Chênaie dégradée à Bruyères) →	Vieille lande à Bruyères (podz. humo-ferrugineux)
	Mi-pente	Chênaie à mousses ou Chênaie dégradée à *Vaccinium Myrtillus, Pteris Aquilina* →	Chênaie dégradée à *Vaccin. Myrtillus, Pteris Aquilina* →	Lande à Bruyères
	Pied	Chênaie à *Holcus mollis* →	Chênaie dégradée à *Molinia cærulea* →	Tourbière à *Sphagnum*
Roches cristallines (granites)	Sommet	Chênaie à mousses →	*Lande jeune* (ou Chênaie dégradée à Bruyères) - - - - →	(Vieille lande)
	Mi-pente	Chênaie à mousses →	Chênaie dégradée à *Vaccin. Myrtillus et Pteris Aquilina*	
	Pied	Chênaie à *Holcus mollis* →	Chênaie dégradée à *Molinia cærulea* →	Tourbière à *Sphagnum*

Schistes	Pente	Chênaie-Hêtraie acidophile ⇓ ⇑ Chênaie dégradée ⇓ ⇑ Lande jeune		
	Pied	Chênaie à *Holcus mollis*	----------→	Tourbière à *Sphagnum*
2° Stations horizontales ou a faible pente				
Schistes		Chênaie à *Holcus mollis* ⇓ ⇑ Chênaie dégradée ⇓ ⇑ Lande jeune		
Roches cristallines et grés durs		Chênaie acidophile →	Chênaie dégradée à *Molinia cærulea* →	Lande humide à *Erica tetralix* (podz. humique ou à Gley) ⇓ Tourbière spongieuse à *Sphagnum*

→ Evolution normale.
----→ Evolution accidentelle, dans certaines conditions.
⇒ Evolution sous l'action humaine.

PLANCHE VII

SECTEUR ARMORICAIN

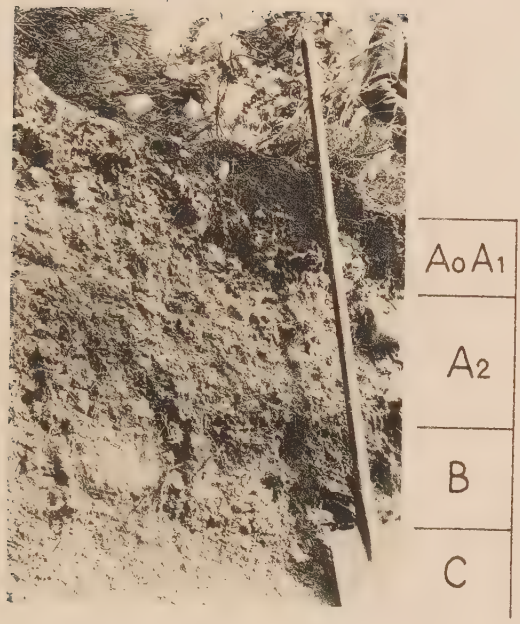
Podzols

FIG. 17

Podzol humo-ferrugineux (Massif d'Ecouves - les Barres de Rouperroux, st. 231).
Racines localisées dans les horizons A_0-A_1 et B.
Cliché Duchaufour.

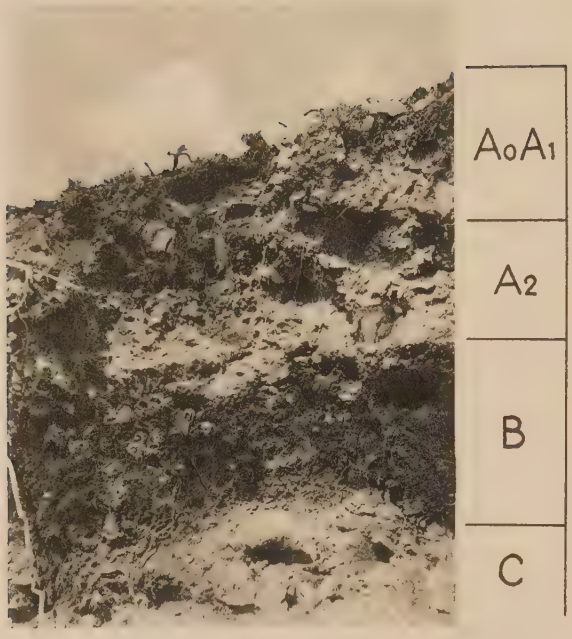
FIG. 18

Pente des Barres de Rouperroux, Massif d'Ecouves.
Lande à Callune sur podzol au sommet (station 231).
Chênaie dégradée sur sol podzolique à la base (station 2213).
Cliché Duchaufour.



17

18



19

20

PLANCHE VIII

SECTEUR ARMORICAIN

Podzols

FIG. 19

Podzol humo-ferrugineux (Menez-Hom - station 236).
Cliché Duchaufour.

FIG. 20

Lande humide à *Erica tetralix* sur podzol humique à alios (Lessay - station 239).
Cliché Rol.

CHAPITRE III

LES SOLS ET LES ASSOCIATIONS DU SECTEUR DES LANDES DE GASCOGNE

I. — Considérations d'ensemble

Au premier abord, l'impression qui se dégage de l'examen des conditions écologiques du sous-secteur des Landes, est celle d'une grande homogénéité, et par conséquent d'une uniformité relative des types de sols et de végétation ; le climat est en effet du type océanique chaud (dans l'ensemble Quotient pluviothermique supérieur à 130, et m, moyenne des minima du mois le plus froid, supérieure à 1°), la roche-mère est presque exclusivement un sable quartzeux formant une plaine presque horizontale ; enfin la végétation est une lande plantée de Pins maritimes, qui constitue un paysage à première vue très monotone. Cependant, si l'on se livre à une étude plus détaillée du problème landais, on constate qu'il se révèle extrêmement complexe ; tous les facteurs du milieu sont en réalité très variables d'un point à un autre, parfois à de courtes distances. Le climat est beaucoup plus sec et plus froid vers le Nord et vers l'Est (Quotient voisin de 115 à Bordeaux et Mont-de-Marsan, m, voisin de 1 à Mont-de-Marsan), alors qu'il devient extrêmement humide et doux lorsqu'on progresse vers le Sud-Ouest (Q dépassant 200, et m, dépassant 5° à Biarritz) ; si la roche-mère est homogène au point de vue de sa composition granulométrique, l'extrême variabilité du niveau moyen du plan d'eau, d'une part, et l'action perturbatrice du vent d'autre part, provoquent de multiples variations locales de la génèse des sols. Enfin, la végétation elle-même diffère considérablement entre le Nord et le Sud du secteur, et partout la composition phytosociologique et floristique de la Lande, son âge et son degré d'ancienneté, s'avèrent comme très variables.

On a l'habitude d'opposer de manière radicale la bordure côtière de Vieilles Dunes, à celle des Landes proprement dites : or, il ne sem-

ble pas que le passage d'une zone à l'autre, s'effectue brusquement. La zone des Etangs constitue plus une région de transition progressive qu'une frontière entre elles deux; bien des sols et des associations des Landes rappellent par leur caractère de jeunesse ceux des Dunes. C'est la raison pour laquelle nous n'hésiterons pas à comparer les deux zones et à faire figurer certains relevés phytosociologiques des Dunes sur les mêmes tableaux que ceux des Landes.

1° LES ROCHES-MÈRES

Elles sont extrêmement homogènes : il s'agit de sables, presque exclusivement quartzeux, à dominance marquée d'éléments grossiers. L'origine de ces sables est controversée ; la plupart des géologues admettent que leur dépôt date de la fin du pliocène, et du pléistocène ; à notre avis, il s'agirait d'éléments alluviaux ou colluviaux, en mélange plus ou moins intime avec des sables venant de la mer, et apportés par les vents, l'ensemble ayant pu être remanié localement par transport : on peut admettre que la proportion d'éléments d'origine éolienne, qui bien entendu représente la totalité des sables des Dunes, va en diminuant progressivement vers l'intérieur : cependant, en certains points, à l'intérieur des terres (régions de Pissos - Laboueyre), il existe de place en place, de véritables petites dunes analogues à celles de la côte et qui rappellent les dunes décrites dans les landes du Jutland (Muller [**166**], Weis [**229**]).

Au contraire, les éléments alluviaux, caractérisés par des élèments plus grossiers encore, et même des graviers et cailloux roulés, dominent le long des rivières, à l'emplacement des terrasses d'alluvions anciennes (région des Graves en Gironde), ou dans certaines zones où devaient se trouver des vallées de rivières aujourd'hui asséchées : ce type de roche-mère est plus riche en argile que le sable des Landes proprement dit.

Le sous-sol des Landes est donc caractérisé dans son ensemble par sa pauvreté en éléments fins, en argile notamment ; par contre, à une profondeur assez grande, mais très variable, de l'ordre de plusieurs mètres, on peut observer la présence d'une couche d'argile imperméable, véritable couche géologique constituant le niveau de base de la nappe phréatique qui imprègne le sous-sol landais ; cette couche d'argile ne se rapproche de la surface qu'en certains points très localisés, au fond de dépressions marécageuses, ou le long de vallées entaillées par l'érosion fluviatile (horizon C, profil 3212).

Quant à la topographie, elle n'est pas absolument plate comme on

le croit généralement, et comme le prétend CHAMBRELENT dans ses rapports. CROUZET, dans ses rapports administratifs de 1853 et 1856, cités par SARGOS (1), insiste sur le fait que la surface de la plaine landaise est ondulée et présente des variations locales de relief pouvant atteindre plusieurs mètres, et qui sont encore accentuées en certains points par les véritables dunes « intérieures » que nous avons signalées.

Il résulte de ces deux faits essentiels, variations du niveau de la couche profonde d'argile imperméable, et variations du relief superficiel, que la profondeur de la nappe phréatique se trouve, par rapport à la surface du sol, à un niveau très variable d'un point à un autre : il en résulte des conséquences particulièrement importantes, en ce qui concerne la formation des sols.

2° LES TYPES PÉDOLOGIQUES (PLANCHES XIII et XIV)

C'est le caractère très filtrant de la roche-mère, qui donne aux types de sol leur aspect et leurs propriétés si particuliers ; les analyses mécaniques indiquent toujours une teneur extrêmement faible en éléments fins et en particulier en argile dans tous les horizons : seuls, certains sols sur cailloutis ou alluvions (Graves), sont un peu plus riches en colloïdes minéraux. Dans l'ensemble, on constate que la migration de l'argile reste à peu près nulle jusqu'à un stade avancé de l'évolution des sols (podzols à alios) : dans les stades podzoliques, ou dans les podzols sans alios, la quantité d'argile est même souvent décroissante en profondeur ; par contre, dans les podzols à alios, une certaine accumulation en B des colloïdes minéraux est souvent à noter : initialement, le lessivage mécanique des colloïdes minéraux est trop faible pour compenser l'apport de ces éléments par la végétation et par l'atmosphère ; à la fin, au contraire, il devient plus actif. (Voir troisième partie, page 272).

Dans les sols landais, pour lesquels l'évolution est liée avant tout aux migrations et aux modifications chimiques de la matière organique et du fer, c'est le dosage de ces deux éléments, qui donne les renseignements les plus utiles ; nous avons procédé au dosage de la matière organique par calcination, ainsi que de l'humus soluble dans la potasse, à l'aide d'une solution N/10 de MnO^4K. Quant au fer, c'est le fer soluble dans l'acide chlorhydrique pur qui a été dosé, de préférence au fer libre. Cet élément entrant en effet dans des combinaisons com-

(1) R. SARGOS. — Le boisement des Landes et l'œuvre d'H. CROUZET, ouvrage encore non publié, en cours de préparation.

plexes avec la matière organique, notamment dans les horizons d'*alios,* n'est que partiellement soluble dans l'acide oxalique, et il est nécessaire de rompre ces liaisons à l'aide d'un réactif plus énergique.

La classification des types de sols landais est délicate ; nous nous sommes basé pour l'établir, d'abord sur les caractères du profil (présence ou absence d'alios compact), et ensuite sur certains résultats analytiques : notamment la teneur en matière organique des différents horizons, qui nous a permis de définir *le rapport de podzolisation de la matière organique* (rapport de la matière organique de B à celle de A_2 ou A_1). Nous avons également utilisé les renseignements donnés par l'analyse du fer : la teneur absolue en fer de l'horizon éluvial, ainsi que *le rapport de podzolisation-fer,* établi entre les horizons A et B, nous ont surtout servi de base ; il est à noter que ce rapport, pour un degré de lessivage égal, est plus faible que celui établi pour les sols étudiés dans les autres secteurs climatiques, car il s'agit ici du fer soluble dans les acides forts, entrant pour une large part dans des combinaisons insolubles, et non du fer libre.

En prenant pour base le degré d'évolution, on peut distinguer les principaux types suivants :

a) Les sols squelettiques, faiblement lessivés

Il s'agit de sols très jeunes, sur sable dunaire ; il n'est pas possible de les appeler « sol brun », car la roche-mère est très pauvre en fer et la couleur de ces sols est très claire ; on trouve en surface un horizon A_1, humifère, très peu épais, mais on n'observe que de faibles traces d'accumulation en profondeur.

b) Les sols podzoliques

Dans la vieille dune ils sont caractérisés par la présence d'un horizon d'accumulation enrichi en fer, encore diffus, en voie de formation ; le rapport de podzolisation-fer est voisin de 2 ; l'horizon éluvial de couleur claire, se différencie nettement de l'horizon B plus foncé ; mais la matière organique n'a pas commencé à migrer en profondeur.

Les sols podzoliques des Landes se distinguent le plus souvent de ceux des dunes par leur richesse en matière organique plus forte dans les horizons supérieurs.

c) Les podzols

Sauf quelques exceptions, les podzols présentent une teneur moyenne en matière organique beaucoup plus élevée, et leur rapport de pod-

zolisation-fer dépasse 2; de plus, on observe l'apparition d'un horizon illuvial plus ou moins humifère.

Au point de vue de leur degré d'évolution on peut distinguer les *podzols jeunes,* sans horizon d'alios, et les podzols plus évolués qui présentent un horizon d'alios. C'est essentiellement la richesse des horizons inférieurs en humus qui est la base de cette distinction fondamentale: les sols jeunes, en effet, sont caractérisés par un horizon illuvial peu humifère et de ce fait encore meuble (teneur en matière organique de B: 2 % à 2,5 % au maximum). Pour les sols plus évolués, au contraire, l'horizon illuvial, plus riche en matière organique (plus de 3 %), devient compact, résistant à la pénétration, et peu perméable à l'eau: c'est l'*Alios* qui est d'autant plus dur qu'il est plus riche en matière organique; cette dernière substance constitue avec les oxydes de fer un complexe colloïdal qui joue le rôle de ciment à l'égard des grains de quartz et provoque la formation d'une masse concrétionnée; mais la teneur en fer de l'alios reste faible, et oscille entre 0,3 et 0,7 % au maximum. Par là, l'alios se distingue aisément de la *Garluche,* sorte d'alios fossile, extrêmement dur, et très riche en fer (12 % en moyenne) qui est utilisé dans la région comme matériau de construction, et comme minerai de fer (1).

Il existe deux types de podzols jeunes sans alios, le podzol ferrugineux et le podzol humique à accumulation diffuse, d'importance très inégale dans les Landes. Nous ne signalons que pour mémoire le *podzol ferrugineux,* caractérisé par un horizon A_2 cendreux, et un horizon illuvial peu humifère qui est très transitoire et rare dans le secteur des Landes. Il évolue très rapidement vers les types suivants par migration des acides humiques.

Le podzol humique à accumulation diffuse, beaucoup plus fréquent, est riche en matière organique, surtout dans les horizons supérieurs; sa teneur en matière organique décroît en effet progressivement avec la profondeur; on n'observe donc pas d'horizon illuvial bien net et celui-ci reste meuble.

Quant aux *Podzols à Alios,* on peut également les classer en deux

(1) On peut concevoir diverses hypothèses pour expliquer l'origine de la Garluche. A notre avis, la plus plausible est la suivante: il s'agirait d'un ancien niveau d'alios, submergé par une nappe d'eaux souterraines ferrugineuses; par migration per ascensum du bicarbonate ferreux soluble et précipitation au contact de l'air, par oxydation, sous forme d'hydrate ferrique, il y aurait eu incrustation progressive de l'alios par cet oxyde de fer: cela expliquerait la teneur très élevée de la Garluche en fer, alors que la teneur en matière organique n'a pas varié par rapport à celle de l'alios (4 % en moyenne).

catégories principales. Dans les stations bien drainées, au voisinage des cours d'eau en particulier, c'est le *podzol humo-ferrugineux* qui s'observe le plus fréquemment ; l'horizon A_2 est cendreux, pauvre en matière organique, l'alios est profond et épais, et le rapport de podzolisation-humus dépasse 5.

Au contraire, dans les stations mal drainées, le *podzol humique* domine ; l'horizon A_2, plus humifère, est coloré en gris plus ou moins foncé, et le rapport de podzolisation-humus est inférieur à 4 ; suivant le degré d'évolution et la profondeur de la nappe d'eau, on distingue le type *podzol humique à forte accumulation en B,* dont l'alios est nettement enrichi en matière organique par rapport aux horizons supérieurs et le *podzol humique à faible accumulation en B,* dont l'alios, plus superficiel, est moins riche en matière organique, que les horizons supérieurs.

Enfin, il faut signaler l'existence des sols *tourbeux* (T_2), dans les stations les plus mouilleuses : ils présentent les mêmes caractères que dans les secteurs armoricain et ligérien.

Ce qui est très spécial aux Landes, c'est que chacun de ces types de sols est réparti de manière très irrégulière ; on passe très rapidement d'un type à l'autre, en stations très voisines ; les sols landais constituent une véritable mosaïque, dont chaque élément correspond à un stade d'évolution différent ; c'est ainsi que l'alios, loin de former un horizon continu et étendu, semble se présenter sous la forme de taches, de lentilles de superficie variable, voisinant avec les zones où l'alios fait défaut. Cette discontinuité extrême des sols landais est bien mise en évidence par les photographies de la planche X, sur lesquelles on peut observer l'extrême variabilité du niveau d'alios, voire son absence complète en certains points : sur quelques mètres on dénombre ainsi trois types de sols différents : le podzol humique à accumulation diffuse, le podzol humique à forte accumulation et le podzol humique à faible accumulation en B (Saint-Paul, Station 339).

Cette diversité des sols landais s'explique par le fait que leur évolution dépend de trois facteurs fondamentaux : la végétation, la profondeur du plan d'eau, l'action du vent, qui eux-mêmes offrent des *variations très localisées :* c'est sur l'influence de ces divers facteurs que nous allons maintenant insister.

a) La végétation

Nous reparlerons dans la troisième partie de son action sur les sols qui est primordiale : le sous-étage de feuillus sous les pins maritimes produit une matière organique à décomposition rapide, ce qui a pour

effet de retarder l'évolution du sol et d'empêcher la formation de l'alios : on ne trouve pas d'alios sous une strate de feuillus suffisamment dense.

Inversement, les Ericacées, de même que le Pin maritime, par leurs débris organiques résistant à l'activité bactérienne, accélèrent la podzolisation et provoquent la formation rapide de l'alios : en règle générale, les sols à alios sont toujours occupés par une lande à Bruyères ; le lessivage est au contraire beaucoup plus lent dans les Landes à Fougère Aigle et à Ajonc.

b) La profondeur de la nappe d'eau

L'amplitude des oscillations saisonnières de la nappe d'eau semble être considérable : le plus souvent, presque à fleur du sol en hiver, elle descend à une profondeur variant entre 60 cm. et 2 mètres, pendant la saison sèche : le niveau de la nappe d'eau du sous-sol landais est sans contredit un des facteurs essentiels de la genèse des sols de cette région.

C'est ainsi que les podzols humo-ferrugineux se rencontrent exclusivement sur les sols bien drainés, dont le plan d'eau est profond en toutes saisons : l'horizon d'alios prend naissance au-dessus du niveau hivernal de la nappe d'eau.

Au contraire, les podzols humiques caractérisent les stations mal drainées ; on constate en outre que la nature du podzol humique dépend essentiellement de la hauteur du plan d'eau pendant la saison sèche : il existe un *niveau estival optimum* de la nappe phréatique, d'ailleurs difficile à déterminer exactement, pour lequel l'évolution du sol offre un maximum de rapidité ; la matière organique ayant tendance à s'accumuler en B, l'alios prend rapidement naissance.

Au contraire, si le plan d'eau s'abaisse fortement en été, la migration de l'humus s'effectue à une grande profondeur de façon diffuse, ce qui retarde l'apparition d'un niveau d'alios compact. Si le plan d'eau reste superficiel, en toutes saisons, la migration des grosses molécules de matière organique est entravée ; ainsi, pour une cause inverse de la précédente, mais qui produit des effets semblables, le lessivage reste faible ou nul. Le sol reste à l'état de sol podzolique, se transformant progressivement en un sol de type tourbeux (T_2) (Franc de Ferrières [**141**]).

c) Le vent

Le vent joue également un rôle essentiel dans les Landes ; il opère un remaniement constant des sols des zones dénudées par les coupes,

les incendies, le soutrage ; il agit soit en enlevant les horizons superficiels meubles, ce qui a pour effet de mettre à nu les horizons sous-jacents plus compacts ; soit, au contraire, en incorporant au sol une certaine quantité de sable, ce qui a pour effet d'opérer un véritable rajeunissement du profil. Ce rajeunissement peut être brutal, par apport d'une grande quantité de sable, pendant une courte période, ou au contraire progressif, à la suite d'un dépôt lent et continu de sable qui en quelque sorte « dilue » la matière organique acide produite par les Ericacées.

Cette action du vent, trop souvent méconnue, est établie par de nombreux faits dont l'observation est aisée : l'existence de « dunes intérieures » qui ont pris naissance relativement loin de la côte (région de Pissos et Laboueyre), suffirait à en fournir la preuve.

L'examen des profils et des analyses est également convaincant. Dans la zone des Lacs on trouve souvent des horizons A_1 enterrés, assez riches en matière organique, présentant encore une structure organisée (cf. horizon humifère enterré, au voisinage de l'étang de Carcans, près de Maubisson ; 2,5 % de matières organiques).

Les *profils complexes* sont également fréquents. Il n'est pas rare de trouver deux profils complets superposés, qui peuvent correspondre à deux cycles de podzolisation successifs. De même Weis [229], signale la présence, dans les dunes des plaines glaciaires du Jutland, de plusieurs niveaux d'alios successifs, auxquels il attribue une origine analogue.

Enfin, c'est à l'action du vent qu'on peut attribuer l'origine de véritables *profils hétérogènes* dont les horizons supérieurs sont sans rapport immédiat avec les horizons inférieurs : il existe nombre de « sols jeunes » reposant sur un niveau de garluche, ou même d'alios, dénudé par le vent et parfois même fragmenté par des phénomènes d'érosion antérieurs à l'apport de nouveaux dépôts éoliens.

3° LES ASSOCIATIONS FORESTIÈRES

On peut admettre que la forêt de la vieille dune est assez proche du Climax : il semble que la forêt landaise primitive ait été constituée par une majorité de feuillus (divers Chênes), les pins maritimes formant un étage dominant peu dense ; cette forêt landaise ancienne a été complètement détruite au cours des âges, et il n'en reste plus que quelques lambeaux, autour des châteaux, ou sous forme de rares bois particuliers...

Buffault [36] retrace dans ses grandes lignes l'histoire du défri-

chement de la forêt landaise, opéré surtout par l'incendie, dans cette région qui semble prédestinée à ce fléau: les destructions les plus massives dateraient de l'époque des invasions barbares (cinquième siècle et sixième siècle), l'action humaine paraissant avoir été complétée par celle de grands cataclysmes, raz de marée, orages, inondations; quelques grands massifs forestiers auraient cependant subsisté, la forêt de Lesparre (Médoc), la forêt de Biscarosse, par exemple; ces massifs auraient disparu à leur tour dans le courant du XVI^e siècle; on trouve quelques vestiges de ces anciennes forêts sous forme de souches ensablées (plage de Montalivet) ou de véritables affleurements de lignites (plages du Pyla-sur-Mer, d'Arcachon) que nous avons pu observer.

C'est toujours à l'interaction des trois groupes de facteurs écologiques fondamentaux. Climat, Sol, action humaine, que l'on doit la grande diversité des types d'associations observées dans les Landes de Gascogne.

a) Action du climat

Les grandes différences d'humidité et de température qui existent entre le Nord-Est et le Sud-Ouest des Landes sont à l'origine d'un certain nombre de variations dans la composition floristique de la lande. On constate ainsi que le Chêne vert, favorisé par le climat le plus sec, est localisé dans la vieille dune au nord d'Arcachon, alors qu'au Sud de cette localité, il laisse la place au Chêne liège occidental, plus thermophile et plus hygrophile; certaines espèces, abondantes dans le Sud des Landes, telles *Cistus salviæfolius* et *Erica vagans,* deviennent plus rares vers le Nord. Mais la grande majorité des espèces euatlantiques et méditerranéo-atlantiques, sont fréquentes dans l'ensemble des Landes; le grand nombre d'éléments méditerranéo-atlantiques en particulier, comme l'a fait ressortir Allorge [12], différencie nettement la Lande de Gascogne, des autres landes atlantiques, telles que celles du secteur armoricain: citons tout spécialement *Arbustus Unedo, Erica Scoparia* et *Cistus salviæfolius,* qui, avec les deux chênes méditerranéens, donnent parfois à la végétation landaise une physionomie méditerranéenne au point qu'on a pu l'appeler *pseudo-maquis,* lorsqu'elle est suffisamment dense (vieille Dune).

b) Action du sol

La même concordance fondamentale qui a été constatée dans les autres secteurs climatiques, entre le degré d'évolution du sol et celui de la végétation, s'observe aussi dans les Landes.

A un sol squelettique ou peu évolué, correspond la Chênaie acidophile, mélangée de Pin maritime, que l'on observe surtout dans la vieille dune, et dans quelques rares parcs des Landes où la forêt feuillue a été sauvegardée ou reconstituée.

La Chênaie dégradée ou la Lande jeune à *Pteris Aquilina* et *Ulex Europæus* caractérisent des sols qui évoluent vers les sols podzoliques, dans lesquels un début d'horizon illuvial est nettement visible; Franc de Ferrières [**141**] signale que ce type de lande ne s'observe jamais sur sol à alios; Sargos [**203** et **204**] donne cette lande comme la meilleure, la plus productive pour le pin maritime, et il constate que la régénération naturelle s'y effectue encore aisément.

Quant à la lande ancienne à Ericacées, celle dont presque tous les éléments caractérisant la Chênaie ont disparu, elle coïncide, presque toujours, avec la présence de sols du type podzol, les différents faciès de la Lande, secs ou humides, correspondant eux-mêmes à des variétés différentes de podzols.

c) Action humaine

En dehors des destructions historiques dont nous avons parlé, l'homme continue à exercer son empreinte sur l'évolution des associations et des sols; le XIX^e^ siècle a vu se développer la grande œuvre d'assainissement d'ensemble et de mise en valeur de la région à l'aide du Pin maritime sous l'impulsion de Crouzet et Chambrelent (1). Actuellement, l'intervention humaine se manifeste surtout par la pratique du *soutrage,* c'est-à-dire, la pratique de l'enlèvement de la litière, qui, par l'élimination des Ericacées, favorise *Pteris Aquilina,* occupatrice de places vides, et en même temps ralentit l'évolution du sol.

Les incendies sont malheureusement de plus en plus fréquents et ils tendent à prendre des proportions catastrophiques; ils agissent sur le sol en provoquant l'incinération de l'horizon A_0, et, à la suite de la disparition de toute végétation, la remontée du plan d'eau; ils exercent aussi une influence notable sur la végétation, en éliminant partiellement certaines espèces, telles que *Molinia cærulea,* au profit des grands Ajoncs; par contre, *Erica Scoparia,* arrive à survivre, grâce à ses parties souterraines.

(1) Il est important de constater que le Pin maritime constitue le plus souvent (sauf dans la forêt de la vieille dune où il paraît spontané), *un peuplement,* d'origine artificielle, qui est, en quelque sorte, superposé à l'association naturelle, que sa présence n'a pas modifiée: il n'en est pas de même de l'élément feuillu qui est une survivance de la forêt primitive.

II. — Les sols squelettiques et les sols jeunes

Sur une roche-mère sableuse, très pauvre en hydrate de fer, on ne peut parler de « sols bruns » ; mais, la vieille dune, offre un exemple de type de sols extrêmement jeunes, à peu près squelettiques. Le plus souvent, le seul horizon visible est un horizon A_1 encore peu profond et faiblement humifère ; en-dessous, on trouve la roche-mère homogène et ne présentant aucun horizon illuvial net : parfois, la présence de quelques taches rouilles, à une soixantaine de centimètres de profondeur, annonce le début de la constitution d'un horizon d'accumulation.

Par contre, dans les Landes, les rares sols encore occupés par le feuillu, offrent un profil plus évolué, et beaucoup plus riche en humus, qu'on peut rattacher au type lessivé.

Malgré la présence presque constante du pin maritime, formant un étage dominant peu dense, c'est l'élément feuillu qui joue un rôle essentiel dans ce type de forêt landaise : quatre espèces de Chênes peuvent s'y trouver présentes et l'association se rapproche de celle d'une *Chênaie acidophile.*

1° Association type

Sous les Pins maritimes, plus ou moins dispersés, la strate arborescente comprend le Chêne pédonculé, accompagné de Chêne vert, au Nord d'Arcachon, de Chêne-liège au Sud ; le Chêne Tauzin est également abondant. Cette strate arborescente est en général dense et forme un couvert presque continu. La strate arbustive comprend des éléments classiques de la Chênaie acidophile : *Ilex Aquifolium, Ruscus aculeatus,* divers *Rubus, Lonicera periclymenum, Teucrium Scorodinia,* la Garance (*Rubia peregrina*) est souvent présente.

Voici un exemple d'une telle association, dans la vieille dune :

Station 311. — Vieille dune à Moliets à 50 m. au Nord du Lac de Laprade.

Pinus pinaster	3 1	*Q. pedunculata*	1 1
Quercus Suber	4 1		

Caractéristiques :

Ilex Aquifolium	2 3	*Luzula Forsteri*	+
Ruscus aculeatus	4 4	*Rubus ulmifolius*	+
Cratægus monogyna	+	*Lonicera periclymenum*	1 1
Pteris Aquilina	2 2	*Teucrium scorodonia*	+

Compagnes :

Ulex Galii	1 3	*Cistus salviæfolius*	+
Arenaria montana	1 2	*Rubia peregrina*	+
Hedera Helix	1 2		

Dans les Landes, cette association, beaucoup plus rare, n'existe que dans quelques bois particuliers ou parcs de châteaux :

Station 312. — Bois près de la route nationale de Dax à Bayonne, à 12 km. au Sud de Dax (Landes).

Taillis de Chêne pédonculé, sur très vieilles souches.

Quercus pedunculata 5 2

Caractéristiques :

Pteris Aquilina	1 1	*Rubus fruticosus*	+
Ulex Europæus	1 2	*Teucrium scorodonia*	+
Rhamnus Frangula	1 1	*Lonicera periclymenum*	+

Espèces indiquant un début de dégradation :

Erica cinerea	+	*Arrhenatherum Thorei*	1 1
E. vagans	+	*Polytrichum formosum*	+
Molinia cærulea	2 3	*Leucobryum glaucum*	+

Station 313. — Parc de feuillus du Château de Taurès (Gironde).

Présence de gros Chênes, dont certains, abattus, sont âgés de plus de 100 ans ; végétation luxuriante.

Quercus pedunculata	1 1	*Lonicera periclymenum*	+
Q. toza	2 1	*Teucrium scorodonia*	2 1
Castanea vesca	2 1	*Corylus Avellana*	1 1
Ilex Aquifolium	2 2	*Hypericum pulchrum*	+
Arbutus Unedo	1 1	*Veronica officinalis*	+
Rubus fruticosus	2 2	*Hedera Helix*	+

2° Profils et analyses

(Planches XIII et XIV, Séries A et B - Type I)

Le profil des sols de dunes est réduit à un horizon A_1 de quelques centimètres surmonté parfois d'un A_0 d'humus brut peu épais.

Dans les Landes, le sol est constitué par un horizon noirâtre très humifère, et homogène, sur une profondeur de 50 à 60 cm., reposant sur du sable blanc.

L'analyse a donné pour un tel sol (Station 313) les résultats suivants :

	pH	Humidité	Mat. org.	Fer
A_1	4,8	1,6	4,6	0,28
C	5	0,3	0,8	0,16

III. — Les sols podzoliques

1° Caractères généraux des sols et des associations

Bien qu'ayant déjà subi un début d'évolution, ces sols sont encore jeunes : il est normal que dans la vieille dune, les sols restent peu évolués, en raison des conditions locales particulières. Mais il peut paraître plus étonnant d'observer çà et là, dans les Landes, des zones de sols podzoliques voisinant localement avec des podzols. Il faut admettre qu'une cause est intervenue, soit freinant l'évolution du profil, soit opérant un véritable rajeunissement du sol. Le premier cas est réalisé lorsque le plan d'eau, exceptionnellement proche de la surface en toutes saisons (bordure des étangs), empêche la migration des colloïdes, donc la formation d'un horizon d'accumulation ; quant au rajeunissement, il est le fait du vent, qui par l'apport constant de sable neuf, dilue la maitère organique acide et inhibe ainsi tout lessivage ; l'observation de certains profils prouve aisément ce phénomène : par exemple, les profils 328 et 3213, montrent en profondeur des niveaux de garluche (alios fossile), soit continue, soit fragmentée, par l'érosion, et ensevelie sous une couche épaisse de sable qui constitue la roche-mère d'un sol encore jeune ; ces faits sont surtout fréquents dans la zone de transition qui s'étend en arrière des dunes (voisinage de la zone des étangs), mais on les observe aussi plus à l'intérieur des terres (région de Labouheyre) où nous avons déjà signalé l'existence de petites dunes couvertes de Fougère Aigle.

Les sols podzoliques sont caractérisés par la présence d'un horizon illuvial nettement enrichi en fer (rapport de podzolisation du fer total voisin de 2), mais encore *pauvre en matière organique*. Dans la vieille dune, l'horizon lessivé A_2 est de couleur beige clair ; dans les Landes, le sol étant plus riche en humus, cet horizon est coloré en gris plus ou moins foncé et il prolonge ainsi l'horizon A_1 : ce type fait transition avec le podzol humique sans alios, dont nous parlerons ultérieurement. Bien entendu, l'horizon illuvial des sols podzoliques reste meuble et ne présente jamais d'alios.

L'association qu'on rencontre sur ces sols podzoliques, est considérée dans le pays comme un type de « bonne lande », plus productive que les types à Ericacées : c'est en effet la Fougère Aigle et les grands Ajoncs qui dominent. Malgré la présence du peuplement dominant de Pin, on peut assimiler cette association à une Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* et *Ulex Europæus,* passant, lorsque la strate de feuillus est peu dense et les plantes caractéristiques de la Chênaie

moins nombreuses, à une lande jeune, ayant les mêmes caractéristiques.

Notons que dans le cas où le plan d'eau proche de la surface, retarde l'évolution du sol, celle de la végétation au contraire, peut s'accélérer, et on observe ainsi sur des sols relativement peu lessivés, une lande humide à *Erica Scoparia.*

2° Les associations types

a) *Chênaie dégradée et lande à Pteris Aquilina et Ulex Europæus* (Tableau XXI)

C'est l'association la plus fréquemment observée sur sols podzoliques. Le choix de ces caractéristiques peut être discuté, étant donné que le soutrage favorise la première de ces espèces, et l'incendie la seconde, de sorte que l'une et l'autre peuvent exister dans des associations plus évoluées; mais c'est leur présence simultanée, en assez grande abondance, qui est caractéristique de ce groupement, en même temps que l'absence ou la faible proportion des Ericacées.

La strate arborescente comprenant, outre le pin maritime, les quatre Chênes, *Quercus pedunculata* et *Quercus toza,* dans toutes les landes, *Quercus Ilex* dans le Nord, et *Quercus Suber* dans le Sud, est toujours bien représentée.

En dehors des deux espèces dominantes, *Pteris Aquilina* et *Ulex europæus* et d'un certain nombre de mousses acidophiles, l'association comprend surtout les espèces caractéristiques de la Chênaie acidophile, en particulier *Ruscus aculeatus,* les Ronces, *Lonicera periclymenum* et *Teucrium Scorodonia;* il est à noter que les semis des diverses espèces de Chênes sont en général nombreux; sur ces sols, la régénération des Chênes et du pin maritime est encore aisée et elle se fait bien, naturellement, comme l'a constaté Sargos [**203**]. Dans la vieille Dune, la présence des Ericacées (*Erica cinerea, E. Scoparia, Calluna vulgaris*) trahit un état de dégradation ayant tendance à s'accentuer; les stations 325 et 326, dans lesquelles les éléments caractéristiques de la Chênaie ont presque complètement disparu, offrent une végétation en voie d'évolution rapide vers la lande à bruyères (Chênaie dégradée à Ericacées). Cependant, leur sol reste à l'état de sol podzolique, sans paraître devoir dépasser ce stade, malgré la présence d'un horizon illuvial très marqué: la lenteur de l'évolution des sols est caractéristique de la vieille Dune (voir p. 240).

La Station 3210 dans les Landes est un exemple particulièrement intéressant de l'évolution inverse: sous l'influence d'un sous-étage de

TABLEAU XXI. — SOUS-SECTEUR DES LANDES - CHÊNAIE DÉGRADÉE ET LANDE A PTERIS AQUILINA ET ULEX EUROPÆUS

Stations	321	322	323	324	325	326	327	328	329
STRATE ARBORESCENTE ET ARBUSTIVE									
Pinus Pinaster	4 1	3 1	3 1	3 1	2 1	3 1	3 1	3 1	4 1
Quercus pedunculata	.....	1 1	1 1	3 2	1 1	.....	2 1	2 2	3 2
Q. Suber	2 2	1 1	2 1	2 2	2 1	.....	2 2	+	2 1
Q. Ilex	.....	.....	.....	.....	.....	2 1	.....	.....	.....
Arbutus Unedo	+	.....	2 3	2 2	.....	2 3	.....	.....	.....
Castanea vesca	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2 1	.....
Cratægus monogyna	.....	.....	+	+	.....	.....	.....	.....	.....
CARACTÉRISTIQUES									
Pteris Aquilina	5 3	4 4	4 4	3 2	3 3	1 1	3 3	5 5	4 3
Ulex Europæus	2 3	4 4	1 3	4 4	3 3	.....	4 4	1 3	2 1
Rhamnus Frangula	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1 1	+
Danthonia decumbens	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	+	.....
Arenaria montana	.....	1 1	+	.....	.....	.....	+	.....	.....
Leucobryum glaucum	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+
Hypnum Schreberi	+	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Stereodon cupressiforme	2 4	.....	.....	.....	2 2	.....	.....	.....	.....
Dicranum scoparium	+	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....
CARACTÉRISTIQUES D'UN STADE ULTÉRIEUR									
Erica cinerea	1 3	1 2	3 3	+	2 4	2 3	2 3	.....	.....
E. Scoparia	.....	.....	.....	.....	+	2 2	.....	1 2	.....

	.....	.....	+	.....	.....	.....	1 1	1 3	+

Caractéristiques de la Chênaie acidophile

Ilex Aquifolium	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ruscus aculeatus	+	+	2 3	4 3	.....	+	.....	.....	.....
Agrostis vulgaris	+	+	.....	.....	.....	.....	+	+	.....
Festuca capillata	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sarothamnus scoparius	+	4 3	.....	.....	.....	.....	3 3	.....	.....
Rubus ulmifolius	+	+	.....	.....	.....	.....	+	1 1	1 1
Cistus salviæfolius	.....	+	+	+	.....	.....	.....	.....	.....
Hypericum pulchrum	.....	.....	+	.....	.....	.....	+	.....	.....
Lonicera periclymenum	1 1	.....	1 1	+	.....	+	.....	+	+
Teucrium Scorodonia	1 1	2 1	1 1	+	.....	.....	+	+	.....
Betonica hirsuta	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Melampyrum pratense	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....
Rubia peregrina	1 1	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Hieracium sylvaticum	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+
Thyidium Tamariscinum	+	.....	+	+	.....	.....	.....	.....	.....

Compagnes principales

Hedera Helix	1 1	.....	3 2	.....	.....	.....	.....	1 1	+
Arrhenatherum Thorei	.....	+	.....	.....	2 2	.....	3 2	.....	2 1
Festuca rubra	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3 3	.....	.....
Jasione montana	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
Potentilla tormentilla	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....

Semis

Q. pedunculata	+	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	2 1
Q. Ilex	.....	.....	.....	.....	.....	1 1	.....	.....	.....
Q. Suber	1 1	3 2	.....	.....	1 1	.....	+	1 1	1 1

feuillus et notamment de bouleaux, introduit et favorisé par l'homme, la lande à *Erica Scoparia* et à *Molinia cærulea* a régressé au profit des espèces caractéristiques de la Chênaie qui ont réoccupé le sol. Il est à noter que le lessivage du sol a été également arrêté, et malgré la présence de témoins de la vieille lande, celui-ci est resté à un stade podzolique.

Lorsque le plan d'eau est proche de la surface, comme dans la station 3211, *Molinia cærulea* constitue sous les feuilles de *Pteris Aquilina* une strate inférieure presque continue, et prépare l'installation de la lande humide à *Erica Scoparia* et *Molinia cærulea;* le sol est voisin d'un sol tourbeux.

Relevé des principales stations étudiées (Tableau XXI):

Station 321. — Vieille dune, forêt communale de Seignosse (Landes).
Station 322. — Lette de Penon; à la suite de l'étang d'Hossegor (Landes).
Station 323. — Vieille dune au voisinage de la lette de Pénon.
Station 324. — Vieille dune; forêt communale de Seignosse, près de la route de Hossegor à Pénon.
Station 325. — Vieille dune au voisinage de l'étang Blanc et de l'étang de Hardy (Landes).
Station 326. — Vieille dune; près de Maubisson, non loin de l'étang de Carcans (Gironde).
Station 327. — Sables des Landes; route de Saint-Vincent de Tyrosse à Tosse, à 2 km. de Tosse (Landes).
Station 328. — Sables des Landes; forêt particulière de Capdeville sur la route de Maubisson à Carcans (Gironde).
Station 329. — Sables des Landes; chemin entre l'étang Blanc et l'étang Noir (Landes).
Station 3210. — Sables des Landes; Parc du Château de Taurès.

Le relevé floristique de l'association est le suivant:

Pinus pinaster	3 1	*Ilex Aquifolium*	1 3
Quercus pedunculata	2 3	*Lonicera periclymenum*	2 1
Q. toza	1 3	*Teucrium scorodonia*	1 1
Betula pubescens	4 2	*Betonica hirsuta*	+
Arbutus Unedo	1 3	*Rubia peregrina*	+
Rhamnus Frangula	2 2	*Hedera helix*	+
Cratægus monogyna	+	*Hypnum purum*	1 1
Rubus fruticosus	+		

Reliques de la lande (très dépérissantes):

Erica Scoparia	1 1	*Pteris Aquilina*	1 1
Molinia cærulea	+		

Le couvert des feuillus, introduit par l'homme, a étouffé les espèces de la lande.

Station 3211. — Sables des Landes. Station située à l'est de l'étang Blanc (Landes). Sol podzolique tourbeux: plan d'eau à 85 cm. en saison sèche.

Relevé floristique:

Pinus Pinaster	3 1	*Rubus fruticosus*	+
Quercus Suber	+	*Potentilla tormentilla*	+
Semis de *Q. Suber*	+	*Hydrocotyle vulgaris*	+
Pteris Aquilina	5 4	*Erica cinerea*	+
Molinia cærulea	4 4	*E. tetralix*	+
Ulex Europæus	2 2	*E. ciliaris*	+
Rhamnus Frangula	+	*Calluna vulgaris*	+

b) *Lande humide à Erica Scoparia et Molinia cærulea* (Tableau XXIII - 3212 à 3214)

Cette lande est normalement une association de podzols à alios, mais dans certaines stations très humides, à plan d'eau peu profond, elle peut exister sur sols podzoliques, l'évolution du sol étant retardée, voire complètement arrêtée dans ces conditions.

Les caractères de cette lande sont semblables à ceux de la même association sur podzol, que nous décrirons ultérieurement: notons cependant la présence de certaines espèces soulignant le caractère tourbeux de ces sols: *Myrica Gale, Genista anglica,* et dans le cas des sols peu acides, riches en bases échangeables, *Schœnus nigricans;* c'est là un indice de l'évolution de cette association vers la tourbière à *Sphagnum.*

Relevé des principales stations (Tableau XXIII):

Station 3212. — Sol de Graves (alluvions à cailloux roulés); région de Brache; route de Castelnau, à 4 km. de Brache (Gironde).

Station 3213. — Sables des Landes; Lande de Couyala, au Nord-Ouest de Pissos (Landes).

Station 3214. — Sables des Landes, route de Maubisson à Carcans, au voisinage de l'étang de Carcans.

3° Profils et analyses (Planches XIII et XIV, Série A et B - Type II)

Les profils des sols de vieille dune sont différents de ceux des Landes:

Sols de vieille dune (Stations 321 à 326).

A_0	Humus brut en général réduit.
A_1	Horizon humifère grisâtre.
	— 10 à — 30.
A_2	Horizon sableux blanchâtre.
	— 70.
B	Horizon enrichi en fer, assez diffus, présentant un début de concrétionnement.
C	

Les stations dans lesquelles les Ericacées sont particulièrement abondantes (326), sont caractérisées par un horizon A_0 épais (dépassant 5 cm.), un horizon A_1 atteignant 30 cm., et enfin un horizon B assez compact, d'une épaisseur de 50 cm. pour la station 326.

Les sols des Landes sont beaucoup plus humifères (Stations 327, 328, 3210, 3211, 3214).

A_0	Horizon d'humus brut peu épais.
	— 2 à — 5.
A_1-A_2	Horizon humifère gris plus ou moins foncé, devenant plus foncé à la partie inférieure.
	— 50 à — 60.
B	Horizon rouille, non humifère.

La texture est très sableuse.

Les principales variations sont les suivantes :

Le profil 328 est analogue au profil type, mais il présente, dans la masse sableuse de l'horizon B, de nombreux fragments de garluche, très irréguliers, de petite dimension : il s'agit d'un niveau fossile, détruit par l'érosion et dont les restes ont été ensuite ensablés.

Le profil 3213 présente une particularité semblable ; le sol est sablonneux, faiblement humifère, sur une profondeur de 70 cm. : mais cette fois il repose sur une dalle de *garluche, continue et imperméable,* ce qui explique le caractère de la végétation très humide, qu'on trouve en surface. L'analyse montre clairement que le niveau de garluche ne peut être interprété comme un horizon illuvial par rapport au sable qui la surmonte et qu'il s'agit d'un horizon fossile.

Le profil 329 est caractérisé par un horizon A_2 nettement cendreux à la partie supérieure sur une épaisseur de 4 à 5 cm. : ce sol fait donc transition avec un *podzol ferrugineux,* comme le prouve aussi l'analyse.

Quant au profil 3212, il est caractérisé par un horizon A_1, humifère sableux, de 45 cm. d'épaisseur, suivi d'un horizon de transition A_2, et enfin d'un Gley sablonneux à une profondeur de 65 cm.

Analyses

	pH	H^2O	Mat. org.	Fer	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.	Chaux éch.
	—	—		—	—	—	—	—	—
1° *Sols de la Chênaie dégradée à Pteris Aquilina et Ulex Europœus:*									
Station 322:									
A_1	4,9	0,4	1,9	0,11					
B	5,7	0,2	0,5	0,19					
Station 326:									
A_1	5	0,1	0,8	0,04	1,2	0,5	4,9	92,5	
B	5,7	0,1	0,3	0,11	0,7	0,5	0,9	97,5	
Station 328:									
A_1	5	1,1	3,1	0,26	3,1	2,1	2,1	88,5	
B	6,4	0,3	0,7	0,44	2,7	0,6	2,2	93,5	
(fragments de garluche).	6,4	2,0	3,9	11,98	1,6	3,8	1,2	87,5	
Station 329:									
A_2	5,7	0,2	0,5	0,12	1,2	1,7	23,1	73,3	
B_1	5,5	0,6	1,0	0,44	3,2	2,5	22,7	70,0	
Station 3210:									
A_1	5,2	1,7	6,8	0,36					
A_2	5,6	1,0	2,1	0,53					
B	5,8	0,6	1,0	0,81					
C	5,8	0,2	0,2	0,16					
2° *Sols de la Lande humide à Erica Scoparia:*									
Station 3212:									
A_1	6,8	1,4	3,2	0,18	7,5	3,0	26,7	58,2	5,4
Gley	7,3	1,5	0,3	0,66	10,6	0,7	3,4	83,5	2,4
Station 3213:									
A_1	5,6	0,5	1,6	0,18					
A_2	5,8	0,07	0,2	0,14					
(dalle de Garluche).	6,4	1,2	4,7	12,37					

Les différences considérables qui existent entre la teneur en fer de la garluche (Stations 328 et 3213) et des horizons sableux qui la surmontent, montrent bien que la garluche n'est pas un horizon illuvial, en liaison avec le reste du profil : il s'agit d'horizon fossile dénudé (Station 3213) ou fragmenté (Station 328) par l'érosion, et recouvert de sable d'origine éolienne : la présence de cette garluche prouve donc bien qu'il s'agit en réalité de sols *rajeunis,* ce qui explique que leur évolution soit peu poussée.

Pour la plupart des sols étudiés, le rapport de podzolisation du fer est voisin de 2 ; il dépasse ce chiffre pour le sol 329 qui passe au podzol ferrugineux, et pour le sol 3212 : ce dernier, plus argileux, est cependant peu lessivé, comme le montrent les taux d'argile en A et en B, et son pH reste élevé ; le taux de chaux échangeable est lui-même élevé dans tous les horizons, ce qui explique la présence de *Schœnus nigricans* (1).

L'analyse de la matière organique de tous les niveaux du profil 3210, indique que la zone A_2, de couleur plus noire que A_1, est en réalité moins riche en humus ; c'est là un phénomène général applicable aux podzols humiques.

IV. — Les podzols

1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS

Alors que les sols podzoliques sont, dans les Landes, comme dans le secteur ligérien, caractérisés par une migration presque exclusive des oxydes de fer, dans les podzols, c'est la migration des complexes humiques (entraînant encore une certaine quantité de fer), qui prend une importance particulière.

Comme l'ont constaté Tamm [215] et Mattson [160] pour la Suède, cette migration des colloïdes humiques (ainsi d'ailleurs que celle des colloïdes minéraux) s'effectue plus ou moins librement et plus ou moins rapidement suivant la profondeur de la nappe d'eau : à ce propos, il est possible de distinguer trois cas, correspondant à trois types de sols fondamentaux :

a) *Sols à plan d'eau constamment très proche de la surface.* — Ces sols évoluent vers le type tourbeux (T_2). On n'observe aucune migration profonde des colloïdes humiques, et ces sols n'ont jamais d'alios.

(1) L'existence du pin maritime et de *Erica Scoparia* sur un tel sol prouve la tolérance relative de ces espèces à l'égard du calcium échangeable, bien qu'il s'agisse d'espèces réputées calcifuges.

Sous un horizon A_0 très épais, se trouve un horizon A_1 humifère reposant directement sur un horizon de Gley, saturé d'eau en permanence.

b) *Sols à plan d'eau relativement profond,* même en hiver: c'est le cas inverse: les colloïdes humiques migrent librement en toute saison; l'horizon A_2, toujours peu humifère, devient cendreux; il s'agit du *podzol humo-ferrugineux* dont le rapport de podzolisation de l'humus est élevé, en général supérieur à 5. En raison de la grande vitesse de la podzolisation, le stade intermédiaire, c'est-à-dire le podzol ferrugineux sans alios, ne se rencontre guère; l'alios humique prend rapidement naissance et ce type de podzol est ainsi toujours caractérisé par un horizon d'alios: seule l'épaisseur de cet horizon varie suivant le degré de podzolisation (1).

c) *Sols intermédiaires,* à plan d'eau proche de la surface en hiver, mais descendant à une profondeur variable pendant l'été; c'est le cas général pour la plupart des sols des Landes; la migration des colloïdes est arrêtée complètement pendant la période hivernale, de sorte que l'horizon A_2 reste humifère, de couleur grisâtre, et se confond avec l'horizon A_1. Le rapport de podzolisation humique est faible et reste inférieur à 4: on se trouve en présence d'un *podzol humique.*

L'évolution de ce type de sol étant beaucoup plus lente que celle du type précédent, il existe un stade intermédiaire, le *podzol humique jeune sans alios.* Dans le cas où le plan d'eau en été descend suffisamment bas, ce stade semble présenter une relative stabilité et son évolution vers le stade final est alors très lente; en effet, les colloïdes humiques se répartissent sur une grande profondeur, sans atteindre une concentration suffisante pour provoquer la cimentation des éléments sableux et former l'alios. (*Podzol humique à accumulation diffuse*).

Ainsi, l'horizon d'alios apparaît plus ou moins vite suivant la profondeur du niveau d'eau estival: il se constitue lorsque le taux de matière organique dépasse 3 %, celui du fer 0,3 %: encore faut-il que ces deux éléments soient liés sous forme de complexe pour former ciment; lorsqu'il s'accumulent indépendamment l'un de l'autre (profils 337 et 3312), l'horizon illuvial reste meuble, même pour un taux d'humus dépassant 5 %.

Ces constatations s'accordent avec celles de Franc de Ferrières qui signale que « l'alios n'apparaît ni en sol uniformément perméable

(1) Il faut cependant signaler une exception, d'ailleurs assez rare: c'est le cas de podzols ferrugineux à horizon illuvial très diffus, qui se rencontrent sur certaines dunes intérieures très anciennes (région de Magesq et de Castets).

et loin de toute nappe phréatique (sol topographiquement sec), ni en sol uniformément imperméable » [141].

L'association qui caractérise les stations tourbeuses est une lande tourbeuse à *Sphagnum,* qui rappelle celle du secteur ligérien et armoricain, dans les mêmes conditions.

Celle qui occupe les principaux types de podzol est une lande à Ericacées (*Erica Scoparia, Erica cinerea, Calluna vulgaris*), dont les principaux faciès plus ou moins humides ont été décrits par ALLORGE [12] pour la zone méridionale qui confine au pays Basque. Ces Bruyères sont à l'origine des grandes quantités d'acides humiques qui ont provoqué la podzolisation ; les plantations de pin maritime ont encore accentué ce phénomène. Le sous-étage de feuillus, encore abondant, sur sol podzolique, disparaît presque complètement, en même temps que les espèces caractérisant la Chênaie. La régénération nécessite l'intervention humaine (SARGOS [203]) ; sans l'homme, ces peuplements de Pin maritime, manifestement surimposés artificiellement à l'association naturelle, ne pourraient se maintenir longtemps.

2° LES PODZOLS SANS ALIOS (PODZOLS JEUNES)

Ces podzols sans alios, sont cependant riches en matière organique dans les horizons supérieurs, et ils peuvent être humifères jusqu'à une grande profondeur (1 m. 20 - Station 335).

Dans certains cas (Stations 336, 337, 338), il s'agit simplement de sols jeunes, dont l'évolution a pu être ralentie par l'apport de sables éoliens, ou par la pratique répétée du soutrage. Dans d'autres cas, ce sont les importantes oscillations saisonnières du plan d'eau qui peuvent expliquer leur formation : alors qu'en hiver le niveau de l'eau est relativement proche de la surface (20 à 40 cm.), en été il peut descendre en-dessous de 2 m. ; si donc la migration de la matière organique est presque nulle en hiver, en été au contraire, elle peut s'effectuer à une profondeur de plus en plus grande, au fur et à mesure que le niveau de la nappe d'eau descend ; c'est la raison pour laquelle l'humus se répartissant ainsi sur une grande profondeur, se trouve à concentration de plus en plus faible lorsqu'on s'éloigne de la surface ; l'horizon B reste visible, car en raison de la différence d'état de décomposition de la matière organique, il apparaît plus noir que l'horizon A_1-A_2, lui-même de couleur grisâtre ; cela prouve qu'il y a eu effectivement migration, suivie d'accumulation ; mais l'analyse montre que la teneur de B en matière organique est plus faible que celle de l'horizon A_1-A_2 : elle est de l'ordre de 2 à 2,5 %, ce qui est insuffisant pour donner naissance à un horizon d'alios.

La migration du fer et sa répartition dans les différents horizons est analogue à celle de l'humus : alors que l'horizon A_2 est en général fortement appauvri en fer (0,10 à 0,20 %), on n'observe en général pas d'accumulation nette, ou bien celle-ci reste très faible en B (0,20 % en moyenne). C'est pourquoi le rapport podzolisation-fer ne présente aucune signification dans ce type de sol, pas plus que le rapport de podzolisation-humus.

En résumé, on peut conclure en constatant que ces sols, encore jeunes, ont des propriétés voisines de celles des sols podzoliques étudiés précédemment : ils semblent faire la transition entre ces derniers et les podzols humiques à alios.

a) Les associations types (Tableau XXII - 331 à 336)

L'association qui caractérise ces types de sols est une lande sèche évoluant vers la lande humide, donc présentant des caractères intermédiaires comme ceux du sol, qui est humide en hiver, et relativement mieux drainé en été. La strate arborescente est composée à peu près uniquement du peuplement artificiel de Pin maritime, et l'étage dominé de feuillus a disparu presque complètement ; les espèces caractéristiques sont les Ericacées de la lande sèche : *Erica cinerea, Calluna vulgaris,* accompagnées de certains éléments de la lande humide, qu'on peut considérer comme les éléments pionniers en voie de progression : ce sont *Erica Scoparia, Erica ciliaris, Molinia cærulea* et *Ulex nanus.* Il est intéressant de constater que ces conditions d'humidité du sol, intermédiaires entre celles des deux types fondamentaux (sol de lande sèche et sol de lande humide), semblent représenter l'optimum qui convient aux graminées de la lande du Sud-Ouest : *Arrhenatherum Thorei* et *Agrostis setacea.*

Pteris Aquilina, les grands Ajoncs, constituent des espèces reliques qui rappellent avec certaines caractéristiques de la Chênaie, un état antérieur de la lande à sous-étage feuillu mieux fourni. Dans le stade ultérieur, la lande humide, nous constaterons la disparition presque totale de ces espèces.

La pratique répétée du soutrage, a pour effet de favoriser la Fougère Aigle, au détriment des bruyères qui ne tardent pas à être éliminées ; l'évolution du sol est, en même temps, considérablement ralentie.

Principales stations observées (Tableau XXII, Stations 331 à 336) :
Station 331. — Sable des Landes ; route nationale de Dax à Bayonne, à 12 km. au sud de Dax (Landes).

Station 332. — Sable des Landes; route de Tosse à Soustons, à 5 km. de Soustons (Landes).

Station 333. — Sable des Landes; route de Saint-Geours à Magesq, à 3 km. de Saint-Geours (Landes).

Station 334. — Sable des Landes; Benesse Maremne, au Sud de la voie ferrée (Landes).

Station 335. — Sable des Landes; même localité, station voisine.

Station 336. — Sable des Landes; Parc de Taurès, lieudit Bergantade, commune de Guzan (Landes).

Station 337. — Sable des Landes; forêt communale de Capdeville, lande de Poutch (Gironde).

Cette station 337, portée sur le Tableau XXIII, est à classer à part. Le type de sol est un peu différent :il s'agit d'un podzol ferrugineux évoluant vers le podzol humique, et ne présentant pas d'alios. Le plan d'eau ne descend pas en-dessous de 1 m. de profondeur en saison sèche; ce qui explique la présence sur cette station d'une lande humide analogue à celle qui caractérise les podzols humiques à alios.

La station 338 (piste de Devinas, à 1 km. de Brach - Gironde), est également un cas particulier; il s'agit d'un sol qui n'a subi qu'une évolution assez lente en raison de la pratique du soutrage qui a éliminé les bruyères et favorisé la grande Fougère: l'association est caractérisée par la dominance de cette espèce qui montre une grande vigueur:

Pinus Pinaster	3 1	*Calluna vulgaris*	+
Quercus pedunculata	2 1	*Rhamnus Frangula*	2 1
Pteris Aquilina	5 5	*Ulex Galii*	+
Molinia cærulea	4 3	*Lonicera periclymenum*	+
Erica Scoparia	+		

b) Profils et analyses

(Planches XIII et XIV, Série B - Types III et V)

L'horizon B est nettement marqué par sa couleur noir foncé, bien qu'il soit plus pauvre en humus que les horizons A_1-A_2.

Dans de nombreux cas, le plan d'eau estival est très profond, et situé nettement en-dessous de 1 m. 50: c'est ce qui se passe pour les profils 332 à 335 (*Podzol humique à accumulation diffuse*).

A_0	Horizon d'humus brut, noir.
	— 3 à — 5.
A_1-A_2	Horizon sableux grisâtre humifère.
	— 40 à — 60.
B_1	Horizon noir, un peu plus compact, mais meuble.
	— 70 à — 80.
B_2	Horizon sableux, brunâtre, progressivement dégradé vers le bas.
	— 90 à — 120.
C	Sable blanc.

On constate que l'accumulation d'humus est diffuse sur une profondeur de 50 cm.

Dans d'autres cas, le sol est resté jeune pour d'autres raisons, soit par apport de sables éoliens, soit pour une raison de végétation, et il arrive que le niveau de l'eau soit moins profond; c'est le cas des profils 336, 337 et 338.

A part cette particularité, le profil 336 est voisin du précédent, alors que le profil 337 se rapproche de celui d'un podzol ferrugineux.

Profil 337:

A_0	Humus brut, feutrage des racines de Molinie.
	— 15.
A_1	Horizon sableux humifère gris noirâtre.
	— 30.
A_2	Horizon brun noir, d'aspect plus compact.
	— 75.
B	Horizon sableux de couleur rouille vif, à petites concrétions ferrugineuses.
	— 90.
	— 100 - niveau de l'eau (été).

Analyses

	pH	H^2O	Mat. org.	Mat. org. humifiée	Fer	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 332:									
A_1 - A_2 ...	5,4	1,1	3,6	2,3	0,15	3,5	3,0	24,6	64,2
B_1	6,4	2,0	2,5	1,6	0,21	2,0	1,5	16,2	75,8
B_2	6,6	0,3	0,7	0,5	0,16	0,7	0,7	21,1	76,5

	pH	H^2O	Mat. org.	Mat. org. humifiée	Fer	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 335:									
A_1 - A_2 ...	5,3	1,6	4,8	2,2	0,21	3,2	3,5	20,4	66,5
B_1	5,7	1,0	2,2	0,9	0,20	4,2	2,2	21,5	69,0
Station 336:									
A_1	4,7	0,8	3,5						
A_2 - B_1 ...	4,8	0,7	2,4		0,11				
B_2	5,8	0,4	0,8		0,22				
Station 337:									
A_1	5,2	0,9	2,7		0,16	3,8	2,7	11,2	78,7
A_2	5,7	0,6	1,2		0,25	2,7	1,5	11,5	82,5
B	6,2	1,0	2,1		2,82	0,6	1,7	4,6	90,0
Station 338:									
A_1 - A_2 ...	4,8	1,0	3,5	1,5	0,13	3,0	2,5	13,8	76,2
B_1	5,4	1,4	2,2	1,5	0,28	2,7	2,6	10,6	80,5
C	5,6	0,5	0,5	0,4	0,15	0,4	0,7	3,4	94,5

Les trois premiers profils (podz. à accumulation diffuse) sont caractérisés par une teneur décroissante en humus, en profondeur, et par une teneur faible en fer dans tous les horizons. Il n'en est pas de même du sol 337, qui est un podzol ferrugineux passant au podzol humique; pour ce profil, la teneur très élevée en fer de l'horizon B est due à la présence de très fines concrétions de limonite: il est peu probable que la totalité de ce fer, qui, sans aucun doute, s'est accumulé en B indépendamment de la matière organique, provienne d'un lessivage des horizons supérieurs; il peut s'agir, soit de fer en dissolution dans l'eau souterraine, sous forme de bicarbonate ferreux, et précipité au contact de l'air par oxydation, soit de garluche finement pulvérisée; la même question se posera à propos du profil 3311.

3° LES PODZOLS HUMO-FERRUGINEUX A ALIOS

Par opposition aux podzols à accumulation diffuse, les podzols à alios, tant humo-ferrugineux qu'humiques, présentent une augmentation marquée du taux d'humus et de fer en B par rapport aux horizons lessivés. L'analyse indique une teneur en matière organique de l'horizon illuvial supérieur à 3 % et une teneur en fer supérieure à 0,3 %; le rapport de podzolisation-fer est toujours au moins égal à 3.

Les podzols humo-ferrugineux occupent les stations les mieux drainées, au voisinage de fossés d'assainissement profonds ou de cours d'eau ; les mensurations du plan d'eau indiquent un niveau d'eau généralement profond en été *et ne dépassant pas en hiver la couche d'alios ;* la migration de la matière organique n'étant freinée en aucune saison par les eaux souterraines, peut s'effectuer librement. Il s'ensuit la constitution d'un horizon éluvial peu humifère, de couleur cendreuse, alors que l'horizon d'alios, très riche en matière organique, est épais de 50 centimètres au moins lorsque le podzol est arrivé à un stade voisin de la maturité, et comprend deux parties : la partie supérieure, riche en humus, de couleur brun noir, la partie inférieure étant plus ferrugineuse. L'analyse indique une teneur en matière organique de l'horizon cendreux, toujours inférieure à 1,5 %, le plus souvent inférieure à 1 %, alors que l'horizon B contient plus de 3 % d'humus ; le rapport de podzolisation de la matière organique est supérieur à 5, et généralement de l'ordre de 8 à 10, parfois davantage. Ce type de sol est aussi celui pour lequel le rapport de podzolisation-argile est le plus élevé, de l'ordre de 3 à 10.

Il est à noter que le passage de podzols humo-ferrugineux aux podzols humiques, est continu, et il existe toute une série d'intermédiaires, dont le rapport de podzolisation de la matière organique est de l'ordre de 4 à 5 (taux de matière organique de A_2 voisin de 1,5) ; ces sols de transition sont caractérisés par une lande mixte, donc faisant elle-même transition entre la lande sèche et la lande humide (stations 339 et 3322).

a) Association type (Tableau XXII - 339 à 3318)

C'est la lande sèche à *Calluna vulgaris* et *Erica cinerea :* ces deux espèces sont nettement dominantes, et elles sont souvent accompagnées par des mousses et des lichens xérophiles, entre autres *Hypnum Schreberi, Stereodon cupressiforme ericetorum, Leucobryum glaucum,* et *Cladonia sylvatica.* La strate arborescente feuillue a disparu à peu près complètement, et les espèces caractéristiques de la Chênaie dégradée ou acidophile, sont peu abondantes et leur vitalité est faible : c'est le cas de *Pteris Aquilina* et *Ulex europæus.*

Dans la station 339, l'existence d'espèces plus exigeantes en eau (*Erica scoparia, Ulex nanus, Molinia cærulea*) à côté des espèces franchement xérophiles, s'explique par les caractères du sol qui sont intermédiaires entre ceux d'un podzol humo-ferrugineux et ceux d'un podzol humique : la végétation qui caractérise cette station est donc comparable à celle des stations de podzols jeunes sans alios, bien que le

Tableau XXII. — Sous-Secteur des Landes - Lande mixte

Stations	331	332	333	334	335	336
Strate arborescente						
Pinus Pinaster	4 1	3 1	4 1	3 1	3 1	4 1
Quercus pedunculata	1 1					
Q. Suber						
Q. Toza	2 1					
Caractéristiques						
Erica cinerea	3 4	3 3	3 3	2 3	2 3	2 3
Calluna vulgaris	3 4	1 3	2 4	1 3	1 3	3 3
Arrhenatherum Thorei	3 3	4 2	+	2 3	1 1	
Agrostis setacea		+	2 1	+	+	
Ulex Galii	1 1		1 2	1 3	+	1 3
Helianthemum Alyssoïdes		+	+			
Stereodon cupressiforme						2 3
Hypnum Schreberi						
Leucobryum glaucum			+	+		
Dicranum scoparium			+			
Cladonia sylvatica						
Cl. furcata						
Reliques de la Chênaie						
Pteris Aquilina	2 3				3 2	
Ulex Europæus	2 1	+	1 2	1 3		
Rubus ulmifolius	+					+
Lonicera periclymemum	+					
Rhamnus Frangula						+
Cistus salviæfolius						
Caractéristiques d'un stade ultérieur (Hygrophiles)						
Erica Scoparia		+	2 2			3 3
E. ciliaris	2 3	1 3		1 3	2 3	
Molinia cærulea	2 3			3 2	3 3	+
Ulex nanus	+	4 2	1 1	2 3	3 4	+
Gentiana pneumonanthe				+	+	
Potentilla tormentilla		+				+
Compagnes						
Danthonia decumbens						
Aira canescens						
Potentilla splendens			+			
Festuca duriuscula						
Erica vagans	+					
Semis						
Quercus Suber			+			
Q. pedunculata						

3310	3311	3312	3313	3314	3315	3316	3317	3318
4 1	3 1	3 1	4 1	3 1	2 1	4 1		3 1
+								
			1 1					
					1 1			
4 3	1 3	2 4	1 1	3 4	1 2	2 3	2 2	4 4
3 3	5 5	2 4	2 1	3 4	4 3	4 3	4 5	4 4
+			2 1					
			2 2					
			1 1	1 3				
+			+					
	4 5				+		2 1	2 1
5 5	2 4			3 2				4 1
			+	+		+		
			+		+			1 1
	+					4 3		3 1
						+		+
1 1	1 1	2 3			2 3		2 1	
3 2		1 3	+		1 3	1 3		
					1 1	+		
					1 3			
				+		+		
					1 2	+	1 3	
							1 1	
		2 3					2 4	
			+					
+								
		1 2						
						+		
			2 3					
1 1								

sol en soit plus évolué. C'est la raison pour laquelle nous l'avons fait figurer, sur le Tableau XXII, au voisinage des premières.

Principales stations étudiées : Tableau XXII (Stations 339 à 3318) :

Station 339. — Sable des Landes ; voisinage du ruisseau de Moundroung ; commune de Saint-Paul, en bordure de la commune d'Aureilhan (Landes).

Station 3310. — Sable des Landes ; route de Magesq à Soustons, à 4 km. 500 de Soustons (Landes).

Station 3311. — Station voisine de la précédente (à 100 m.).

Station 3312. — Sables et cailloux roulés ; grande carrière ; commune de Soustons, à 1 km. vers Magesq (Landes).

Station 3313. — Sable des Landes ; Benesse Maremne, au Sud du village (Landes).

Station 3314. — Sable des Landes ; Lamoulatte ; sortie de Pissos sur la route de Sore (Landes).

Station 3315. — Sable des Landes ; route de Pissos à Trinsac, près du confluent du ruisseau du Mourdouat avec la Leyre (Landes).

Station 3316. — Sable des Landes ; Le Grandjean, route de Pissos à Mousteilles (Landes).

Station 3317. — Sable des Landes ; commune de Hourtin, lieudit Lagunan. Butte surélevée au milieu d'une lande humide (Gironde).

Station 3318. — Sable des Landes ; route de Dax à Castets, à 5 km. de Castets ; lieudit Coyola (Landes).

b) Profils et analyses (Planches XIII et XIV, Série A, Type IV)

Les profils 3310 et 3311, encore relativement jeunes, montrent un alios peu épais, en comparaison avec les profils plus évolués (3313 à 3315).

Type de profil jeune (3311) :

———————

A_0 Horizon d'humus brut fibreux.

——————— — 5.

A_1 Horizon sableux grisâtre.

——————— — 20.

A_2 Horizon sableux, parfaitement cendreux.

——————— — 40.

——————— — 45. Niveau d'alios compact brun.

Type de profil évolué (3315) :

A_0	Humus brut fibreux.
	— 10.
A_1	Horizon sableux grisâtre.
	— 20.
A_2	Horizon sableux fin, cendreux, à traînées grises.
	— 100.
B	Alios compact, de couleur noire à la partie supérieure B_1 et ferrugineux à la base (B_2).
	— 160.
C	

Le profil 3312, est caractérisé par un alios fossile, durci, surmonté d'un horizon B_1, meuble, très riche en humus ; les autres horizons A_0, A_1 et A_2 n'offrent aucune particularité.

Quant au profil 3316, il est aberrant ; l'absence complète d'horizon A_0 et la faible épaisseur des horizons éluviaux, ainsi que les résultats des analyses montrent qu'il s'agit ici probablement d'un sol remanié par le vent en surface :

A_1	Sableux gris clair.
	— 15.
B_1	Encore peu compact, de couleur noire.
	— 45.
B_2	Alios compact, brun rouille.
	— 90.
C	

Enfin, le profil 339, qui, comme nous l'avons signalé, constitue un terme de passage vers les podzols humiques (horizon A_2 gris sale), présente une autre particularité qui mérite d'être signalée : il offre deux niveaux d'alios superposés, chacun de 25 à 30 centimètres d'épaisseur et séparés par une petite bande sableuse et cendreuse de 5 cm. : il s'agit sans nul doute d'un ancien sol humo-ferrugineux typique, à A_2 cendreux, qui, à la suite d'un relèvement brusque du plan d'eau, a évolué vers le type podzol humique. En même temps qu'un second horizon d'alios se formait au-dessus du nouveau plan d'eau, l'horizon A_2 s'enrichissait en humus et prenait une teinte plus foncée (1) ; la végé-

(1) Le rapport de podzolisation de l'argile, égal à 6, confirme qu'il s'agit d'un ancien podzol humo-ferrugineux.

tation a subi une évolution parallèle, ce qui explique son caractère de transition.

Analyses

	pH	H_2O	Mat. org.	Mat. org. humifiée	Fer	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Station 339:									
$A_1 - A_2$	5,4	0,3	1,5	1,4	0,14	0,5	1,5	23,7	72,5
B_1	5,6	2,6	5,9	3,1	0,50	3,0	0,7	20,6	67,2
B_2	5,6	1,5	4,8	3,7	0,39	3,0	1,2	36,3	53,2
Station 3311:									
A_2	4,7	0,2	0,3		0,13	1,0	1,5	24,5	72,5
B	5,7	3,5	5,3		0,55	5,0	2,5	15,0	68,7
Station 3312:									
A_1	4,7	1,0	5,0	0,9	0,40	3,0	2,7	15,6	72,7
A_2	5,5	0,01	0,7	0,2	0,28	0,6	2,2	10,0	86,5
B_1	5,7	1,8	5,1	1,3	2,46	6,5	7,0	12,4	67,2
Station 3315:									
A_2	5,7	0,2	0,5	0,3	0,11	1,0	2,5	37,1	58,7
B_1	5,8	2,3	4,4	1,9	0,32	2,9	1,0	60,4	29,0
B_2	5,8	0,3	2,1	0,9	0,28	1,5	1,2	45,7	49,2
C	5,6	0,2	0,4	0,4	0,16	0,7	0,5	52,5	45,7
Station 3316:									
$A_1 - A_2$	5,6	0,2	2,1		0,42				
B_1	5,6	1,3	4,0		0,19				
B_2	5,6	1,9	4,3		0,39				
Station 3317:									
A_1	4,6	0,7	5,2	2,5	0,10	0,5	0,7	11,9	81,0
A_2	5,0	0	0,4	0,2	0,06	0,2	0,2	9,7	89,5
B_1	5,0	0,6	2,6	2,1	0,17	1,7	0,7	18,4	76,0
Station 3318:									
A_1	4,5	1,0	5,6	2,7	0,11	0,7	1,0	34,7	57,0
A_2	4,7	0,2	1,2	0,9	0,07	0,3	1,0	37,8	59,5
B_1	5,6	3,2	5,6	4,6	0,20	1,2	0,7	33,3	56,0

(B_2 non analysé pour ces deux derniers sols).

Ces résultats appellent quelques remarques: d'abord, le pH de A_1 pour les sols humo-ferrugineux typiques est inférieur à 5 (4,7); la quantité d'argile est faible dans tous les horizons, mais le rapport de podzolisation de l'argile est particulièrement élevé, il va de 3 à 9, alors que pour les podzols humiques il ne dépasse guère 2. Le rapport de

podzolisation-humus est égal ou supérieur à 5, sauf pour le profil 339 qui forme transition avec un podzol humique.

La quantité de fer considérable de l'horizon B_1 de 3312 semble anormale et elle pourrait être expliquée de la même façon que pour le profil 337.

Quant au profil 3316, l'analyse confirme l'interprétation, qui s'imposait dès le simple examen, de l'aspect et de l'épaisseur relative des horizons : l'horizon supérieur est en effet plus riche en fer que l'horizon illuvial ; cet horizon est donc *plus jeune* que le reste du profil ; il résulte probablement d'un apport de sable par les vents d'Ouest (1).

4° LES PODZOLS HUMIQUES A ALIOS

Ces podzols diffèrent des précédents par la migration beaucoup plus lente des colloïdes, tant humiques qu'argileux : ils se rencontrent en effet dans les stations peu drainées, plus ou moins mouilleuses, ce qui est la règle générale pour la plaine landaise : ce type de podzol est donc plus fréquent que le précédent.

Le plan d'eau hivernal est très voisin de la surface et par conséquent nettement au-dessus de l'horizon d'alios ; en été, il s'abaisse en-dessous de cet horizon, soit aussitôt en-dessous (0 m. 60 à 0 m. 80), soit à une profondeur plus grande (1 m. 20 à 1 m. 50 en période sèche).

La conséquence est que la migration des colloïdes, et notamment des colloïdes humiques, complètement inhibée en hiver, ne peut s'effectuer qu'en été et c'est la raison pour laquelle l'horizon A_2 reste riche en matière organique (en général plus de 2 %) et coloré en gris plus ou moins foncé : il se distingue mal de l'horizon A_1 ; de plus, la migration de l'humus étant arrêtée peu profondément par le niveau d'eau, un horizon illuvial riche en matière organique s'édifie et prend rapidement la structure propre de l'alios.

Tous les résultats analytiques de ces sols traduisent cette migration incomplète des colloïdes : le rapport de podzolisation-fer, supérieur à 3, ne dépasse pas 6 ; le rapport de podzolisation-humus reste inférieur à 4, de l'ordre de 2 à 3 (podzol à forte accumulation en B), ou même parfois inférieur à 1 (podzol à faible accumulation en B) ; enfin, l'argile, toujours en faible quantité, ne migre pour ainsi dire pas et son rapport de podzolisation reste inférieur à 2.

Suivant la hauteur du plan d'eau estival, on peut donc distinguer

(1) L'abondance particulière de *Cladonia sylvatica,* espèce psammophile dans l'association, confirme qu'il s'agit d'un sol en réalité peu évolué superficiellement.

deux types de podzol humique : *le podzol humique à forte accumulation d'humus en B,* qui correspond à un plan d'eau estival situé à plus de 1 m. de la surface : l'alios, assez profond (30 à 50 cm. de profondeur), est épais (30 à 40 cm. d'épaisseur) et compact ; l'analyse indique un taux d'humus de 4 à 7 %, supérieur à celui de l'horizon A_1-A_2 ; le *podzol humique à faible accumulation en B,* beaucoup moins fréquent, dont le plan d'eau estival ne descend pas en-dessous de 0 m. 75 en été, est caractérisé par un horizon d'alios peu profond (20 à 30 cm. de profondeur), en général moins épais et moins compact : le taux d'humus de l'alios est plus faible que celui de l'horizon A_1-A_2.

a) Association type (Tableau XXIII - 3319 à 3325)

C'est une lande humide à *Erica Scoparia* et *Molinia cœrulea,* dont les caractéristiques essentielles sont, outre ces deux espèces, nettement dominantes, *Erica ciliaris, Ulex nanus,* et *Anthericum planifolium; Erica tetralix* n'existe que dans les faciès les plus humides. Un fait important réside dans la disparition complète de l'étage dominé de feuillus, sous la strate dominante des Pins maritimes. De même, les espèces les plus caractéristiques de la lande peu évoluée de la Chênaie acidophile (*Pteris Aquilina, Lonicera periclymenum, Teucrium Scorodonia*), font presque totalement défaut. Ces constatations nous permettent d'affirmer que cette association représente un stade plus évolué que les précédents, donc plus éloigné de l'association forestière primitive : il semble donc que le podzol humique à alios, et son association, constituent dans les Landes les termes ultimes de la double évolution, de la flore et du sol ; pour cette raison, les espèces de la lande sèche telles que *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris,* qui s'observent encore en assez grande abondance parfois (notons cependant que leur coefficient de fréquence ne dépasse jamais 2), doivent être considérées le plus souvent, comme des reliques d'un état antérieur plus sec, et non comme des pionniers annonçant un stade futur (1).

Principales stations (Tableau XXIII - Stations 3319 à 3325) :

Station 3319. — Sable des Landes ; route de Saint-Geours à Magesq, à 6 km. de Saint-Geours (Landes).

Station 3320. — Sable des Landes ; forêt communale de Capdeville ; route de Maubisson à Carcans, près de l'étang de Carcans (Gironde).

(1) Cependant, les berges des rivières, dont le lit s'enfonce lentement par l'érosion, constituent une exception, caractérisée au contraire par un progrès de la lande sèche.

Station 3321. — Sable des Landes ; fossé à la limite du domaine de Taurès et de Malakoff (limite des communes Guzan et le Teich (Gironde).
Station 3322. — Sable des Landes ; domaine de Taurès ; carré 40 (Gironde).
Station 3323. — Même domaine ; partie Sud-Ouest ; carré 10.
Station 3324. — Sable des Landes ; domaine de Saussouze ; commune de la Pouge (Gironde).
Station 3325. — Sable des Landes ; piste de Devinas, à environ 1 km. de Brach (Gironde).

b) Profils et analyses (Planches XIII et XIV, Série B, Type IV)

Les profils sont de deux types suivant qu'il s'agit d'un podzol humique à forte accumulation en B, ou d'un podzol à faible accumulation en B.

Podzol à forte accumulation en B (Stations 3319 à 3323) :

A_0	Humus brut fibreux.
	— 10 à — 15.
A_1-A_2	Zone sableuse, gris noirâtre, plus foncé à la base.
	— 40 à — 50.
B	Alios compact de 30 à 40 cm. d'épaisseur, brun noir au sommet (B_1), et brun rouille à la base (B_2).
	— 65 à — 85.
C	Sableux jaunâtre, meuble.

Le profil 3322 présente un horizon A_2 gris clair, distinct de A_1 : il fait transition avec le type humo-ferrugineux.

Podzol à faible accumulation en B (Stations 3324 et 3325) :

A_0	
	— 10.
A_1-A_2	Horizon gris noirâtre.
	— 25 à — 30.
	Alios peu compact, de 15 à 35 cm. d'épaisseur.
	— 40 à — 60 (nappe d'eau d'été à 65 cm. pour 3324).

Analyses

	pH	H^2O	Mat. org.	Mat. org. humifiée	Fer	Argile	Lim.	S. fins	S. gross.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Podz. humique à forte accumulation en B:									
Station 3319:									
$A_1 - A_2$	4,2	1,6	5,4	1,8	0,05	3,5	3,7	10,2	75,5
B_1	5,5	5,0	7,1	4,8	0,15	7,2	2,7	11,0	67,0
B_2	5,7	2,1	2,5	1,4	0,15	2,5	2,0	13,9	77,0
Station 3320:									
$A_1 - A_2$	5,9	0,5	2,0	1,1	0,05	2,7	1,0	11,1	82,7
B	6,2	3,7	3,8	1,7	0,36	2,5	0	11,3	78,7
Station 3321:									
$A_1 - A_2$	5,0	0,5	1,5		0,11	1,2	1,7	14,9	80,2
B_1	5,6	1,3	3,2		0,28	1,5	1,2	8,1	84,7
B_2	5,8	1,2	1,5		0,67	1,7	1,1	15,5	79,0
C	5,8	0,4	0,2		0,19	0,2	0,7	20,5	78,0
Station 3322:									
A_1	5,4	0,5	3,1		0,11				
A_2	5,4	0,1	0,9		0,11				
B	5,6	2,2	4,1		0,33				
Station 3323:									
$A_1 - A_2$	5,6	0,7	3,0	1,1	0,11	2,0	1,5	17,6	75,2
B	5,8	1,3	4,9	1,3	0,33	2,0	0,4	13,9	77,5
C	5,8	0,1	0,2		0,16	0,1	0,2	19,4	79,0
Podz. humique à faible accumulation en B:									
Station 3324:									
$A_1 - A_2$	5	0,4	3,9	0,9	0,06	2,6	4,0	10,4	78,7
B_1	5,6	1,5	3,7	1,3	0,16	4,0	1,2	3,6	86,0
B_2	5,7	0,5	0,9	0,7	0,25	1,6	0,6	9,4	87,0
C	5,8	0,2	0,4	0,3	0,17	1,6	0,6	11,5	85,7

A part le sol 3322 qui offre un horizon A_2 distinct de A_1, assez pauvre en matière organique et qui, comme tel, se rapproche des podzols humo-ferrugineux, toutes ces analyses donnent des résultats concordants ; la teneur élevée en matière organique, tant des horizons « lessivés » que des horizons illuviaux, indique la lenteur de la migration des colloïdes humiques. Le rapport de podzolisation humus, peu élevé pour les podzols à forte accumulation en B, devient inférieur à 1, pour les podzols à faible accumulation en B. Quant au rapport de podzo-

lisation-argile, il ne dépasse pas 2 ; notons que le pH de l'horizon A_1 est dans l'ensemble (sauf pour le profil 3319) plus élevé que pour les podzols humo-ferrugineux ; pour le profil 3320, il est exceptionnellement élevé, en raison d'un incendie récent.

5° LES SOLS TOURBEUX

Ils se rencontrent dans les Landes, dans les dépressions, les cuvettes, où le plan d'eau reste voisin de la surface en toutes saisons. Nous ne les avons pas étudiés de façon détaillée, car ils sont très uniformes et pédologiquement peu intéressants. Nous nous bornons à signaler ici leur présence et à indiquer brièvement leurs caractères d'ailleurs voisins de ceux des sols tourbeux des autres secteurs : horizon A_0 très épais, horizon A_1, sable humifère, saturé d'eau la plupart du temps, reposant sur un Gley sableux, de couleur grisâtre, lui-même submergé. L'association est la lande tourbeuse à *Sphagnum* et *Erica tetralix* classique, accompagnée de nombreux éléments atlantiques.

A titre d'exemple, nous pouvons citer la station suivante :

Station 3326. — Sable des Landes ; route nationale de Dax à Bayonne à 12 km. au Sud de Dax. Tourbière située dans un bas-fond (Landes).

Le sol est caractérisé par la présence d'un horizon humifère (A_0) épais d'une trentaine de centimètres, passant à un horizon de Gley par l'intermédiaire d'un A_1 peu épais.

Le relevé phytosociologique est le suivant :

Caractéristiques :

Erica tetralix	2 3	*Osmunda regalis*	+
Juncus acutiflorus	+	*Scutellaria minor*	+
Schœnus nigricans	+	*Myrica Gale*	3 3
Hydrocotyle vulgaris	2 1	*Sphagnum sp.*	5 5
Drosera anglica	+		

Compagnes principales :

Salix atrocinerea	2 2	*E. cinerea*	+
Quercus toza	+	*E. vagans*	+
Q. pedunculata	+	*Calluna vulgaris*	+
Athyrium felix-femina	+	*Potentilla tormentilla*	+
Blechnum spicant	+	*Ulex nanus*	+
Pteris Aquilina	+	*Wahlenbergia hederacea*	2 2
Molinia cærulea	3 4	*Rhamnus Frangula*	+
Agrostis vulgaris	+	*Viburnum Opulus*	+
Erica ciliaris	1 3		

TABLEAU XXIII. — SOUS-SECTEUR DES LANDES - LANDE HUMIDE A ERICA SCOPARIA ET MOLINIA CÆRULEA

Stations	3212	3213	3214	337	3319	3320	3321	3322	3323	3324	3325
STRATE ARBORESCENTE											
Pinus Pinaster	3 1	.....	.....	3 1	4 1	.....	.....	3 1	4 1	4 1	4 1
Quercus pedunculata	+	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Q. Toza	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Q. Suber	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CARACTÉRISTIQUES											
Erica Scoparia	4 5	3 4	3 3	3 2	3 2	2 3	3 3	4 3	3 3	4 3	4 3
E. ciliaris	1 2	+	3 2	2 2	+	3 3	2 2	1 3	2 3	.....	1 1
E. tetralix	1 3	.....	2 1	+	.....	2 3	.....	1 3	1 2	2 3	.....
Molinia cærulea	5 5	3 4	1 1	4 5	5 5	1 2	3 2	3 3	4 5	3 3	3 4
Ulex nanus	2 2	2 3	.....	1 1	2 3	.....	2 3	1 3	2 3	1 3	3 2
Potentilla tormentilla	.....	+	+	+	1 1	+	.....	+	1 1	+	+
Anthericum planifolium	.....	+	.....	+	.....	+	.....	.....	.....	+	.....
COMPAGNES ET CARACTÉRISTIQUES DE LA LANDE SÈCHE											
Erica cinerea	1 2	.....	+	1 1	2 3	+	+	1 3	1 3	+	2 4
Calluna vulgaris	+	.....	2 3	2 1	+	2 3	1 3	1 3	1 3	1 2	+
Arrhenatherum Thorei	.....	.....	.....	.....	2 3	.....	+	.....	.....	.....	.....
		+					+	2 2	1 2	+	2 2

Ulex Galli	+	.....	.....	+	.....	+	.....	1 3	1 3	+	.....	
Stereodon cupressiforme ...	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2 3	.....	
Hypnum Schreberi	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	
Caractéristiques des Stations tourbeuses												
Schœnus nigricans	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
Scirpus palustris	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	
Genista anglica	.....	.....	+	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	
Myrica Gale	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
Viola lancifolia	+	.....	.....	+	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	
Reliques de la Chênaie												
Pteris Aquilina	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1 1	
Ulex Europæus	.....	.....	.....	+	.....	.....	.....	1 3	.....	+	.....	
Rhamnus Frangula	+	.....	.....	2 2	.....	.....	.....	.....	+	2 2	.....	
Rubus fruticosus	+	.....	.....	1 1	.....	.....	.....	1 3	.....	.....	.....	
Serratula tinctoria	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	
Plantago lanceolata	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....	
Semis												
Q. pedunculata	+	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
Q. Toza	.....	.....	.....	1 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

N.-B. — Dans les stations 3213, 3214, 3320, 3321, les incendies récents ont fait disparaître la strate arborescente.

On constate que la composition phytosociologique de cette association est très voisine de celle des stations tourbeuses des autres secteurs.

V. — Evolution des sols et des associations dans le sous-secteur des Landes

(Tableau XXIV)

Deux des facteurs les plus importants qui régissent l'évolution des sols sont dans les Landes sensiblement uniformes, ce sont: la roche-mère, presque exclusivement sableuse et filtrante, et la topographie, les variations de relief étant trop faibles, sauf dans la zone littorale des dunes, pour avoir une influence *directe* sur la podzolisation. Par contre, le facteur climatique est, nous l'avons dit, assez variable, et la podzolisation semble progresser nettement plus vite dans le sud, à climat plus humide, que dans le Nord: c'est ainsi que dans le département des Landes, les niveaux d'alios sont plus étendus, plus épais et surtout plus humifères que dans le département de la Gironde.

Les variations causées par les deux autres facteurs, niveau de la nappe phréatique et action modificatrice du vent, sont beaucoup plus locales et introduisent dans l'évolution des sols un double élément de perturbation qui rend parfois son interprétation délicate, comme nous l'avons constaté au cours de ce chapitre.

1° LA VIEILLE DUNE

(PLANCHES XIII ET XIV - SÉRIE A ET B, I ET II)

C'est dans la vieille dune qu'on peut trouver le type d'association qui, à notre avis, se rapproche le plus, de l'association primitive de la forêt landaise: comme nous l'avons vu, il s'agit d'une véritable Chênaie acidophile, accompagnée de sa flore habituelle, mais présentant la particularité de se trouver sous un peuplement de Pin maritime, qui, dans bien des cas, semble spontané, mais qui souvent a été favorisé par l'homme. Sur ces sols, très filtrants, presque exclusivement quartzeux, donc très pauvres en éléments minéraux, un début d'évolution régressive ne tarde pas à se manifester, et la Chênaie acidophile fait place dans la majorité des cas à une Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* et *Ulex europæus,* toujours sous peuplement de Pin maritime. Celle-ci à son tour, dans les stations plus claires, se laisse envahir par les Ericacées, *Erica cinerea, Erica Scoparia,* et *Calluna vulgaris* (Chênaie dégradée à Ericacées).

Mais le sol reste souvent jeune, voisin d'un sol squelettique; il ne dépasse pas, même dans le cas de la Chênaie dégradée à Ericacées, le

stade podzolique. La lenteur, voire parfois l'absence de l'évolution des sols de la Dune, par rapport à ceux de la Lande s'explique aisément par les conditions locales : trois facteurs au moins interviennent dans ce sens : la pente, relativement forte, le perpétuel remaniement en surface sous l'action du vent, qui n'est pas négligeable, même dans la dune fixée, et enfin, la profondeur assez grande de la nappe d'eau, qui provoque une accumulation diffuse et profonde et retarde ainsi la formation de l'horizon B : cet horizon, dans la station 326, présente déjà une épaisseur de 50 cm.

Les sols les plus évolués, qui appartiennent au groupe des sols fortement podzoliques V_1, s'observent précisément dans les zones où ces trois facteurs ne peuvent exercer qu'une influence minima : c'est le cas des lettes, des zones basses, plus humides, horizontales, situées entre les dunes proprement dites ou aussitôt en arrière ; oes zones sont en effet relativement abritées du vent et le niveau de l'eau est plus proche de la surface : les stations 325 et 326 en sont un exemple ; c'est dans de telles stations qu'on observe la densité la plus forte d'Ericacées et les types de sols les plus podzoliques de la zone côtière.

D'autre part, il semble que sur certaines dunes intérieures très anciennes l'évolution des sols puisse atteindre le stade podzol ferrugineux ; mais l'horizon B reste profond et diffus, donc meuble (Castets).

2° LES LANDES
(PLANCHES XIII ET XIV - SÉRIE A ET B - TYPES III, IV ET V)

Dans les Landes, les conditions sont plus favorables à une podzolisation rapide : l'absence de pente accentuée, la situation moyenne de la nappe d'eau, propice à la constitution d'un horizon d'accumulation, enfin, l'influence de plus en plus réduite du vent au fur et à mesure qu'on s'avance vers l'intérieur, expliquent la rapidité des phénomènes de lessivage relativement beaucoup plus grande dans la Lande que dans la Dune. Cependant, nous avons vu que le sol pouvait rester dans bien des cas à l'état de sol podzolique, lorsque trois circonstances particulières se trouvent réalisées :

1° Plan d'eau constamment très proche de la surface ;
2° Rajeunissement par apport de sables éoliens, qui peut se produire localement ;
3° Maintien par l'homme d'une strate arborescente dense de feuillus.

Mais dans la grande majorité des cas, les profils montrent un lessivage plus intense, et peuvent être classés dans les podzols : soit les podzols humiques sans alios, encore voisins des sols podzoliques, mais

plus humifères, soit les podzols à alios, dont l'horizon illuvial présente un aspect et une composition caractéristiques.

Des trois facteurs qui régissent la rapidité de l'évolution des sols landais, c'est la profondeur de la nappe d'eau qui semble exercer l'influence prépondérante, et c'est en fonction de ce facteur que nous classerons les principaux modes d'évolution des sols et de la végétation, sans négliger toutefois le rôle modérateur joué par les deux autres facteurs.

a) Plan d'eau superficiel en toutes saisons

Les feuillus ne peuvent vivre en de telles stations où ils sont exposés à l'asphyxie des racines. Le Pin maritime résiste mieux et sous son couvert toujours très clair, on observe une lande à *Pteris Aquilina* et *Molinia cærulea,* qui évolue rapidement vers une lande humide à *Erica Scoparia, E. tetralix* et *Molinia cærulea;* le sol est un sol podzolique, très humifère en surface, faisant transition vers un sol tourbeux, ce qui est confirmé par la présence dans la flore de certaines espèces caractéristiques des stations tourbeuses.

Le terme de l'évolution est une tourbière spongieuse à *Sphagnum* et *Erica tetralix,* sur sol de type T_2.

b) Plan d'eau peu profond en hiver
subissant des oscillations saisonnières d'importance variable

Sur sol podzolique, l'association caractéristique est une lande ou une Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* et *Ulex europæus,* sous peuplement de Pin maritime. Cette association peut se maintenir assez longtemps sur sol « rajeuni » par l'action du vent. Sa stabilité est en outre favorisée par la présence suffisamment dense de l'étage dominé des Chênes, qui maintient le niveau d'eau assez profond par drainage naturel, et qui active par ses débris de feuilles la prolifération des microorganismes et la décomposition de la matière organique; il ne faut pas négliger non plus le rôle important du couvert, qui, tant qu'il reste dense, inhibe le développement des Ericacées.

Lorsque l'étage dominé vient à se raréfier, les Bruyères s'installent, éliminent par leur concurrence les grands Ajoncs et la Fougère Aigle, et font disparaître progressivement les dernières reliques de la Chênaie; en même temps l'humus acide, se formant en quantités croissantes, commence à migrer; une étape intermédiaire débute alors, caractérisée par une *lande mixte,* comprenant des éléments de la lande sèche mélangés avec des espèces pionnières de la lande humide; le

sol, encore jeune, est un *podzol humique sans alios;* ce stade se maintient plus ou moins longtemps, comme nous l'avons dit, suivant les conditions locales, et particulièrement, suivant la profondeur estivale de la nappe phréatique; mais il semble devoir, tôt ou tard, évoluer vers le *podzol humique à alios:* l'imperméabilité de l'horizon illuvial augmente alors progressivement et cela d'autant plus que l'horizon d'alios s'épaissit et se charge d'humus; il se constitue en périodes pluvieuses un *plan d'eau temporaire,* très superficiel, qui persiste plus ou moins longtemps au-dessus du niveau d'alios. Les espèces de la lande sèche ne peuvent alors se maintenir, et c'est la *lande humide à Erica Scoparia et à Molinia cærulea* qui se développe; en même temps les dernières espèces de la Chênaie acidophile, ainsi que *Pteris Aquilina,* sont éliminées. Il faut noter que l'intervention humaine accélère considérablement cette évolution par l'incendie, qui exerce une action néfaste, tant par l'augmentation de la lumière, que par la brutale remontée du niveau d'eau qu'il provoque; par contre, la pratique du soutrage qui favorise la Fougère Aigle aux dépens de la Bruyère, entrave l'évolution normale du sol.

c) Plan d'eau profond

Lorsqu'initialement, le plan d'eau est suffisamment profond, la Chênaie dégradée à *Pteris Aquilina* cède la place aux Ericacées les plus xérophiles, *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris,* mais il en subsiste des témoins, entre autres la grande Fougère elle-même.

La migration des colloïdes s'effectuant sans obstacle, dans ces stations drainées, un *alios humique* s'édifie rapidement au-dessus du niveau hivernal de la nappe phréatique: ainsi apparaît un podzol à horizon cendreux, d'abord pauvre en humus, donc du type ferrugineux; mais cette étape, par opposition au podzol humique sans alios, est très fugace et essentiellement transitoire, de sorte qu'elle ne s'observe que rarement: très vite, le *podzol humo-ferrugineux* à alios prend naissance.

Ce stade ne semble pas être le terme de l'évolution de la végétation et du sol, dans la majorité des cas; en effet, à mesure que l'alios s'épaissit, et s'imperméabilise, comme dans le cas précédent, un plan d'eau temporaire se constitue en période de pluie, et on peut imaginer que ce plan d'eau persiste d'autant plus longtemps que la podzolisation est plus poussée: la Lande sèche à Callune et Bruyère cendrée évolue vers la lande humide à *Erica Scoparia* et *Molinia cærulea,* en même temps que les derniers vestiges de la flore initiale disparaissent;

simultanément, le sol passe au type podzol humique : cette évolution qui est généralement progressive, mais qui peut être brutale comme dans le cas du profil 339 (à deux alios superposés), explique les fréquents profils à caractères intermédiaires que l'on rencontre dans les Landes.

Il faut signaler toutefois que, localement, dans les stations qui bénéficient d'un drainage naturel permanent, en particulier celles qui existent le long des cours d'eau (la Leyre, par exemple), ou sur les rares pentes, cette évolution ne peut se produire et le stade final paraît être le podzol humo-ferrugineux et la lande sèche. Il semble même, qu'en

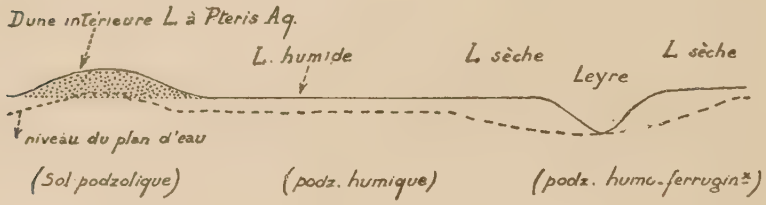


FIG. 21

Schéma de la répartition des sols et des associations (Région de Pissos - Landes).

raison de l'approfondissement lent du lit des rivières, sous l'effet de l'érosion, la transformation inverse puisse avoir lieu et qu'on assiste ainsi à une extension de la lande à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris*.

Ces considérations sur l'évolution des sols et des associations des Landes sont résumées dans le Tableau XXIV ; la figure 21 donne un schéma de la répartition des associations et des sols dans la région de Pissos.

3° CONCLUSIONS

Alors que dans la vieille dune, une association riche en feuillus, rappelant la Chênaie acidophile, ou la Chênaie à Grande Fougère, semble devoir se maintenir, sur des sols, dans la majorité des cas, peu évolués, il n'en est pas de même des Landes, où le terme de l'évolution des associations paraît être presque partout une lande humide à *Erica Scoparia* et à *Molinia cærulea* sur podzol humique à alios. On peut considérer ces types d'association et de sol comme les *Paraclimax*, stables, caractéristiques de la plaine landaise (voir à ce sujet la troisième partie). Ce n'est que le long des rivières qu'on peut observer l'appa-

rition d'un paraclimax différent, la lande sèche à *Calluna vulgaris* et *Erica cinerea*, sud podzol humo-ferrugineux.

Lorsqu'il n'est pas trop tard, et qu'un alios compact et peu perméable n'a pas encore pris naissance, l'homme dispose cependant de moyens préventifs pour ralentir, voire arrêter cette évolution : le plus efficace est sans contredit l'introduction de feuillus en sous-étage, dont nous avons déjà souligné les effets bienfaisants : la station 3210 est un exemple probant du retour à une association de Chênaie acidophile, sous l'influence de la plantation de bouleaux en sous-étage (1). Nous reviendrons plus amplement sur ce problème dans la troisième partie.

L'évolution des sols landais est en effet loin d'être terminée : il suffit pour s'en convaincre de les comparer aux sols de la plaine fluvio-glaciaire du Jutland étudiés par Muller [**166**] et surtout Weis [**228-229**]. Dans les Landes de Gascogne, comme nous l'avons constaté, l'alios est essentiellement discontinu, il se présente sous forme de taches plus ou moins localisées, de lentilles voisinant avec des zones de sols podzoliques ou de podzols humiques sans alios. Sa teneur en matière organique est encore relativement faible, 6 à 7 % au plus (le plus souvent 3 à 5 %) ; aussi son imperméabilité et sa compacité doivent-elles être encore éloignées de leur maximum.

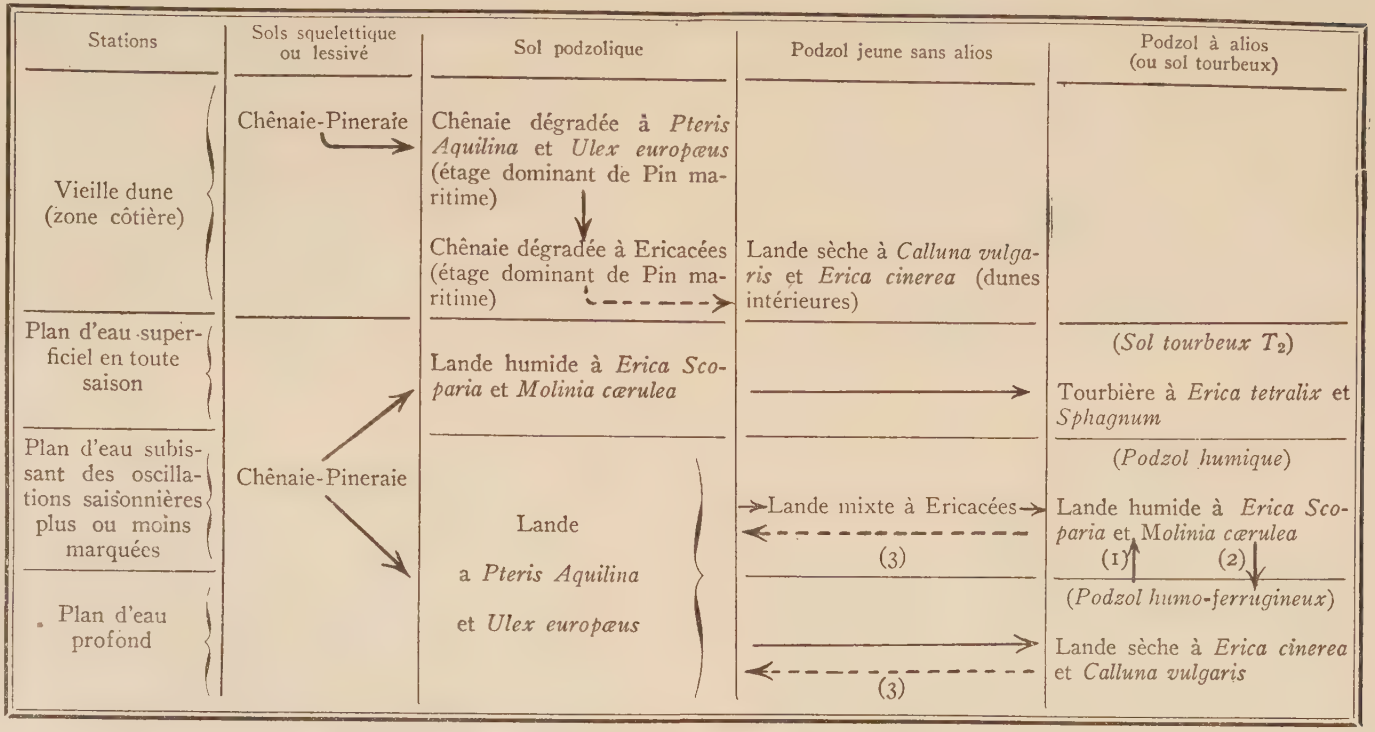
Au contraire, dans la plaine fluvio-glaciaire danoise, il s'agit de landes très anciennes, et certains auteurs, tel Muller, les tenaient même pour primitives. Les sols de vieille lande sont caractérisés par une couche d'alios épais et continu, dont la teneur en matière organique oscille entre 10 et 16 % : ils s'opposent aux sols de landes jeunes, qui s'observent sur les monticules morainiques, ou sur les dunes intérieures, dont l'alios ne contient que 6 à 8 % de matière organique dans le premier cas, et 3 à 4 % dans le second cas. Les différences observées entre les sols des Landes de Gascogne et ceux de la vieille lande danoise, ne sont que partiellement imputables aux écarts climatiques entre les deux régions : il semble qu'il s'agisse pour une grande part d'une différence de degré d'évolution.

Il est dès lors possible de prévoir que l'évolution des sols landais continuera, dans le même sens, si l'homme n'intervient pas : les lentilles d'alios s'étendront latéralement et se rejoindront pour former un vaste bouclier continu, dont la dureté et l'imperméabilité ne feront

(1) Tamm [**217**] a montré l'utilité de la présence du bouleau dans les pineraies sur sol pauvre du Nord de la Suède : sous l'influence du bouleau, l'humus reste en bon état et la régénération des pins s'effectue de façon satisfaisante.

que s'accroître. La question qui se pose est alors de savoir si le Pin maritime pourra continuer à végéter sur de tels sols : GRON [107] pour les sols danois, WITTICH [231] pour les podzols à alios compact sur affleurements de vieux grès rouges en Irlande, ont constaté l'un et l'autre l'échec de presque toutes les essences de reboisement : il est à craindre que les reboiseurs des Landes de Gascogne ne se heurtent tôt ou tard à des difficultés analogues.

TABLEAU XXIV SCHÉMA DE L'ÉVOLUTION DES SOLS ET DE LA VÉGÉTATION DANS LE SOUS-SECTEUR DES LANDES



→ Evolution normale (flèche (1) : remontée du plan d'eau ; flèche (2) : drainage).
⇢ Evolution accidentelle dans certaines conditions. (3) : rajeunissement éolien.

PLANCHE IX

SOUS-SECTEUR DES LANDES

Sols podzoliques et podzols

FIG. 21

Sol podzolique dans la Vieille Dune (station 325).
Touffes d'*Erica cinerea*. L'horizon illuvial ferrique, encore diffus, est visible.
Cliché Duchaufour.

FIG. 22

Sol podozlique à Gley.
Lande humide à *Erica Scoparia* et *Molinia cærulea sur Graves* (station 3212).
Cliché Duchaufour.

FIG. 23

Podzol humique sans alios. Lande à *Pteris Aquilina* (Brach - station 338).
Horizon illuvial encore meuble, très foncé.
Cliché Duchaufour.

FIG. 24

Lande humide à *Erica Scoparia* et *E. tetralix* (Le Pouge - station 3322).
Cliché Duchaufour.

21

22

23

24

25

26

A1.

Alios

27

PLANCHE X

SOUS-SECTEUR DES LANDES

Podzols à alios

FIG. 25

Lande sèche à *Calluna vulgaris* sur podzol humo-ferrugineux (Pissos - st. 3315). L'alios surplombe l'horizon C plus meuble.

Cliché Duchaufour.

FIG. 26

Podzol humique à alios (partie droite du cliché), passant brusquement à un podzol sans alios (partie gauche). Saint-Paul - station 339.

Cliché Duchaufour.

FIG. 27

Podzol à alios. L'alios a été décapé et mis à nu le long de la tranchée. Son niveau s'abaisse fortement au premier plan sous l'influence d'un fossé non visible sur la photo. (Saint-Paul - station 339).

Cliché Duchaufour.

TROISIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

L'ÉVOLUTION RÉGRESSIVE DES SOLS ET DES ASSOCIATIONS EN CLIMAT ATLANTIQUE

I. — Introduction

Il ressort de l'étude des trois secteurs qui vient d'être faite que la podzolisation en climat atlantique est avant tout conditionnée par la végétation : aussi bien dans le secteur ligérien que dans les secteurs armoricain et landais, nous avons pu constater que, dans les grandes lignes, les sols de la forêt dense, en bon état de végétation, étaient de type brun ou lessivé ; à la forêt dégradée, clairiérée en cours d'évolution vers la lande, correspond un sol podzolique ; enfin, la lande à Ericacées, suffisamment ancienne, est caractérisée par le podzol.

L'examen des profils et des analyses a montré que, dans la grande majorité des cas, l'humus fourni par les feuillus, n'exerçait pas sur les couches minérales profondes, la même influence que l'humus acide provenant de la lande à Ericacées et de la forêt résineuse. Il est donc nécessaire de commencer par une mise au point des connaissances actuelles des propriétés des diverses catégories d'humus. Ensuite, nous aborderons l'étude des phases essentielles de la podzolisation, en liaison avec les transformations de la végétation, dans les différents cas que nous avons déjà passés en revue dans les chapitres précédents. Enfin, il conviendra d'aborder le problème de l'évolution inverse et de voir dans quelle mesure le retour à la végétation primitive sur sol brun ou lessivé est possible.

II. — La matière organique et l'humus
Leurs propriétés essentielles

1° LA DÉCOMPOSITION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DES SOLS FORESTIERS

Cette décomposition, de rapidité très variable suivant les cas, constitue le phénomène de l'humification, qu'on peut définir comme étant la transformation de la matière organique à structure encore *organisée,* en matière organique *colloïdale;* dans les sols bruns, ou lessivés à forte activité biologique, cette transformation est généralement très rapide, de sorte que ses étapes intermédiaires peuvent être difficilement suivies : par contre, celles-ci s'observent aisément dans les podzols à humification lente ; l'horizon A_0, presque exclusivement organique (*holorganique* suivant le terme de Frei [**90**]), est alors très épais et peut se subdiviser en trois zones, de haut en bas, qui correspondent précisément aux différents stades de l'humification : au sommet, des débris à structure organisés (humus fibreux, Rohhumus : la litière), puis une couche intermédiaire en voie de transformation (couche de fermentation), enfin, une zone noire où domine l'humus colloïdal, (mor) ; cet humus colloïdal, subissant un début de migration, se mélange rapidement aux éléments minéraux sous-jacents et il se constitue ainsi immédiatement en-dessous de A_0 un *horizon mixte* A_1. contenant en mélange des éléments minéraux et organiques (horizon *hémorganique*).

Que deviennent ces colloïdes organiques de A_1 ? Ils sont entraînés par lessivage plus profondément encore, mais en même temps, ils sont soumis à l'action des micro-organismes, qui a tendance à les *minéraliser* complètement, les produits ultimes étant alors surtout l'acide carbonique et l'ammoniaque (retenu par le complexe absorbant) ; on conçoit que l'état d'équilibre final, qui caractérise le sol, peut varier suivant trois facteurs essentiels : la quantité d'humus produit, l'intensité de la migration en profondeur et enfin la vitesse de la minéralisation par les bactéries : si les deux premiers facteurs l'emportent, les colloïdes humiques peuvent atteindre les horizons inférieurs (illuviation de l'humus) ; si au contraire c'est le troisième facteur qui est le plus actif, aucune migration profonde de l'humus ne peut avoir lieu.

2° LES CONSTITUANTS DE L'HUMUS

Depuis longtemps, l'humus forestier a donné lieu à une série d'études chimiques et il s'est révélé comme étant une substance très hété-

rogène, se présentant comme un mélange de différents complexes colloïdaux.

Dans les premiers travaux, ceux de Oden [169] ont permis de séparer un certain nombre de constituants de l'humus : parmi les principaux, citons *l'humine,* insoluble dans les alcalis, *les acides créniques* ou *fulviques* à petites molécules peu colorés, mais non précipitables par les acides ; enfin, les *acides humiques* proprement dits, de couleur noire, à grosses molécules, solubles dans les alcalis et précipitables par les acides. Depuis, la structure et les propriétés de ces différents constituants ont pu être précisés, grâce à des travaux récents ; Waksman [226, 227] a démontré qu'il existait dans l'humus deux séries de complexes, *les complexes lignine-protéine* à grosses molécules résultant de l'union de la lignine et de tannin avec une faible proportion de protéine, et qu'on peut assimiler aux acides humiques de la classification précédente, et des complexes à petites molécules, contenant surtout des hydrates de carbone et des protéines.

Pallmann, Hasler, Schmutziger [179] ont précisé encore ces notions : ils distinguent dans l'humus, d'une part des *résidus* de l'activité microbienne, constitués surtout par les produits résistant à cette activité et qui n'ont subi qu'une transformation légère ; ce sont les *complexes lignine-protéine* (acides humiques), et d'autre part, *les produits de synthèse* microbiennes, à plus petite molécule, qui comprennent les *complexes cellulose-humine,* insolubles dans les alcalis, et les *complexes protéine,* solubles dans les alcalis et non précipitables par les acides, qui semblent donc correspondre aux anciens acides créniques.

De nombreux auteurs ont étudié plus à fond la structure et les propriétés des complexes lignine-protéine (Hofman et König [124], Junker [138], Pallmann [175], Hamdi [113]) ; et les ont comparés aux *oxydes graphitiques* dont les propriétés rappellent celles de la lignine qui a subi une oxydation : ils présentent la même structure cyclique et offrent la propriété d'absorber des acides aminés pour former de vrais complexes.

Nous retiendrons de toutes ces études que l'humus est hétérogène, et composé d'un mélange de complexes dont la dispersion et la grosseur des molécules sont très variables : surtout de *complexes lignine-protéine* (acides humiques) pauvres en azote, à grosse molécule, donc peu dispersés, et dont la migration n'est possible qu'au travers de roches perméables et grossières (sables, argiles caillouteuses) ; et de différents *complexes à petite molécule* en général plus riches en azote, plus dispersés et pouvant migrer rapidement au travers de roches à structure plus fine et peu perméable.

3° LES TYPES D'HUMUS FORESTIER

Depuis les travaux de MULLER [165] et ROMELL [196], on divise fréquemment les humus forestiers en deux catégories fondamentales, l'humus doux (mull) et l'humus brut (mor) : le premier est peu acide, il se décompose rapidement et, prenant de ce fait une structure colloïdale, il se mélange au sol minéral (horizon A_1), alors que l'horizon A_0 est réduit ou nul. Le second, plus acide, se décompose lentement, ce qui explique l'existence d'un horizon A_0 plus ou moins épais.

L'opinion courante admet que l'humus doux est riche en bases échangeables, en particulier en calcium, et qu'il est, de ce fait, à l'état floculé, alors que l'humus brut est au contraire pauvre en calcium, ce qui a tendance à provoquer sa dispersion.

En réalité, il semble qu'il y ait là une confusion entre l'humus doux et l'humus saturé de calcium, que l'on ne rencontre que sur des sols que nous n'avons pas étudiés (rendzines) et qui est, effectivement, floculé à l'état de grumeaux.

La différence essentielle entre l'humus doux et l'humus brut, ne semble résider ni dans leur *acidité,* ni dans leur *dispersion.* Si dans la majorité des cas, les sols à humus doux du secteur ligérien sont moins acides que les sols à humus brut, il n'en est pas toujours de même dans le secteur armoricain et le sous-secteur des Landes. Nous avons pu constater que des sols à horizon A_0 épais, n'étaient souvent pas plus acides que des sols à rapide minéralisation de l'humus ; d'autre part, il est fréquent que la teneur en calcium échangeable des horizons A_0 et A_1 d'humus brut soit assez élevée relativement à leur faible capacité d'échange (sols 231, 235, 236 : elle dépasse 1 milliéquivalent par 100 g. et peut atteindre 2).

En ce qui concerne la dispersion, nous avons souvent noté, dans le secteur ligérien, la possibilité de migrations importantes des complexes argilo-humiques (ce qui implique une dispersion accentuée des colloïdes humiques) *même dans des sols relativement riches en calcium échangeable et peu acides* (sols 111, 1116, 1117, 1120).

Les travaux faits en laboratoire par TROCMÉ et BARBIER [220] et par MATTSON et KOUTLER ANDERSON [159], confirment ce point de vue.

TROCMÉ et BARBIER ont constaté que l'humus provenant de terreau (humus doux) était *plus dispersé* que celui venant de la décomposition de lignites (humus acide) ; pour obtenir la floculation du premier, il faut une concentration en ions Ca^{++} presque triple de celle qui est nécessaire pour floculer le second ; de plus, l'humus de

terreau a tendance à former avec l'argile un complexe argilo-humique dispersé (colloïde protecteur), alors que l'humus de lignite ne constitue pas de complexe avec l'argile.

MATTSON et KOUTLER ANDERSON [159], aboutissent à la conclusion que l'humus doux est plus riche en acidoïdes (1) que l'humus brut : s'il est « doux », c'est seulement parce que dans la majorité des cas une plus grande proportion d'ions H^+ est saturée par des bases. En réalité, les deux types d'humus diffèrent surtout par la grosseur des molécules qui varie, à peu près, en raison inverse du rapport

$$\frac{\text{Carbone}}{\text{Azote}} \qquad \frac{C}{N}$$

C'est ce que nous avons pu montrer en comparant ces rapports mesurés pour plusieurs types d'humus (Tableau XXV).

L'humus doux est formé en majeure partie de complexes à petites molécules riches en hydrates de carbone et surtout en protéines : le *rapport C/N est donc relativement faible.*

Au contraire, l'humus acide est constitué essentiellement de complexes à grosses molécules (complexes lignine-protéine), faiblement dispersés et pauvres en azote : *le rapport C/N est beaucoup plus élevé.*

Ainsi l'humus doux peut présenter une acidité variable (en général faible), suivant son degré de saturation par le calcium ; mais le fait essentiel, c'est qu'en raison de sa richesse relative en azote, *il constitue un aliment très propice à l'activité bactérienne, ce qui explique sa minéralisation particulièrement rapide ;* au contraire, les *complexes lignine-protéine de l'humus brut résistent à l'attaque des micro-organismes, ils se décomposent donc lentement.*

Il est dès lors aisé de comprendre pourquoi l'humus brut joue un rôle, dans la podzolisation, plus important que l'humus doux, malgré sa dispersion plus faible : la phrase de JOFFE [131] est à cet égard significative : « Une rapide destruction de la matière organique diminue l'efficacité des produits formés, puisque, dans ces conditions, les acides organiques sont rapidement minéralisés : le rôle des colloïdes humiques est alors réduit au minimum ».

Nous résumerons ces quelques idées par le tableau suivant, où figurent les trois types d'humus forestier : bien entendu, toutes les formes de transition existent de l'un à l'autre.

(1) MATTSON appelle acidoïdes, les complexes colloïdaux à propriétés acides (acides humiques) par rapport aux colloïdes à propriétés basiques qu'il nomme basoïdes.

Type d'humus	Humus saturé (humate de Ca)	Humus doux	Humus brut
Acidité	Neutre	Variable (en général peu acide)	Variable (en général acide)
Composition ...	Mélange des divers complexes	Surtout complexes à petites molécules	Surtout complexes lignine-protéine
Structure	Floculée en grumeaux	Dispersion maximum	Faiblement dispersée
C/N (1)	Variable	Faible	Fort
Minéralisation ..	Lente (en présence de calcaire)	Rapide	Lente

(1) Voir Tableau XXV, page .

4° LA DÉCOMPOSITION DE LA COUVERTURE MORTE ET DES DÉBRIS ORGANIQUES, DES PRINCIPALES ESPÈCES FORESTIÈRES

On sait que certaines essences forestières, parmi lesquelles la plupart des essences feuillues, ont tendance à donner naissance, par la décomposition de leurs feuilles mortes, à de l'humus doux, alors que les résineux donnent plutôt de l'humus brut.

Ce sont les débris végétaux riches en cellulose et en protéine, qui se décomposent le plus rapidement, alors que ceux qui sont riches en lignine résistent à l'activité bactérienne et s'humifient lentement.

Wittich [232] a exprimé la même idée d'une manière simple, en calculant le rapport C/N : les feuilles mortes pour lesquelles ce rapport est faible, se décomposent plus rapidement que celles pour lesquelles il est élevé. Les premières donnent naissance, en général, à de l'humus doux, les secondes à de l'humus acide ; ce qui concorde avec les propriétés essentielles des deux types d'humus dont nous venons de parler.

C'est, d'autre part, un fait connu depuis longtemps que les feuilles mortes, riches en cendres, surtout en calcium, et à pH élevé, engendrent par leur décomposition un humus de type doux : Mattson et Koutler-Anderson [159] ont constaté qu'il existait une certaine relation entre la teneur en Ca et le rapport C/N : ils ont montré qu'au

cours de l'humification, un certain équilibre acide-base tendait à se constituer dans les produits colloïdaux formés ; en présence d'une grande quantité de bases, il y a production d'acidoïdes par rupture des molécules les plus grosses, ce qui a pour effet de faire baisser le rapport C/N de l'humus : on obtient finalement de l'humus doux à petites molécules, riches en acidoïdes qui fixent et retiennent les cations.

Si nous examinons le cas des différentes espèces forestières, nous constatons que toutes celles pour lesquelles le rapport C/N des débris végétaux est faible, donnent même en milieu défavorable, de l'humus doux : c'est particulièrement le cas des espèces fixatrices d'azote (Aunes, Robinier faux acacia), et des feuillus à grande consommation (Ormes, Frênes, Erables).

Le Charme, dont la feuille est pauvre en lignine, donne encore un excellent humus, qui stimule l'activité bactérienne.

Le Chêne, fournit un humus un peu moins bon, car sa feuille est pauvre en Calcium (0,20 % en moyenne d'après HESSELMAN [120] et elle contient une certaine quantité de tannin ; mais le rapport de la cellulose à la lignine reste favorable, il est égal à 22/10 d'après RÜBNER [199].

Inversement, les espèces forestières dont les débris sont riches en lignine et pauvres en calcium, sont génératrices d'humus acide ; c'est le cas de toutes les Ericacées, surtout la Callune, dont les organes souterrains notamment (toujours très développés), sont exceptionnellement riches en lignine (40 %) et pauvres en azote (0,5 %) et en cendres (1 %) - (MÖRK [163]).

HESSELMAN [120], MÖRK [163], ont tous deux noté que l'humus de la Callune était « inapte à se décomposer lui-même » et que sa minéralisation, extrêmement lente, ne donnait que de très faibles quantités d'ammoniaque, et jamais d'azote nitrique.

Cette constatation s'applique mieux encore aux Pins, et notamment au Pin sylvestre : ses débris comptent parmi les plus riches en lignine et les plus acides, notamment ceux de l'écorce (58 % de lignine d'après MÖRK), qui ont tendance à s'accumuler à la surface du sol en donnant une épaisse couche d'humus rougeâtre, très acide, alors que les aiguilles arrivent à se décomposer plus rapidement ; de même que LEMÉE [144], nous avons pu constater que l'humus de pins sylvestres était, de loin, le plus acide, plus acide même que celui de la Callune ; le pH de l'horizon A_0 est souvent de l'ordre de 3,5, ce qui explique l'action podzolisante énergique qu'exerce le Pin sylvestre.

Au contraire, l'humus provenant de *Vaccinium Myrtillus,* se décompose plus activement que l'humus de Callune (MÖRK).

Le cas du Hêtre est plus complexe: en effet les feuilles mortes de Hêtre présentent certaines propriétés défavorables à l'action bactérienne, en particulier leur rapport C/N élevé, et leur richesse en lignine (rapport cellulose/lignine : 16/22 d'après RÜBNER) Par contre, leur pH est en général élevé ainsi que leur teneur en cendres et notamment en calcium (pH 5,3 à 6,6 contre 4,8 pour le Chêne, teneur en CaO 0,5 à 0,7 contre 0,3 pour le Chêne, d'après HESSELMAN (1).

Il est de fait que la décomposition de la couverture morte du Hêtre est particulièrement lente, comme le signale HESSELMAN [120]. Récemment, ETTER [82] et RICHARD [189] ont montré que si l'on suit sur le terrain, la décomposition d'un mélange de feuilles de différentes espèces, celles de Hêtre sont les dernières à s'humifier.

Les opinions des différents auteurs sur les qualités de l'humus du Hêtre sont contradictoires: SCHAEFFER [205] le donne comme une essence améliorante, précisément à cause de la richesse de ses feuilles en calcium; les auteurs danois (MULLER [165], BORNEBUSCH [27]), BOUDRU [29] en Belgique, le considèrent comme acidifiant. Enfin BECKER-DILLINGEN [24] et RÜBNER [199] estiment que le Hêtre donne de l'humus doux dans l'Allemagne de l'Est, alors que dans le Nord-Ouest de l'Allemagne, son humus est acide.

Il semble que ce soit bien là la clé du problème: *le Hêtre donne naissance à des types d'humus très différents suivant que les conditions de climat et de roche-mère sont plus ou moins favorables à l'activité bactérienne:* c'est le climat qui exerce à ce sujet l'influence prépondérante. En climat froid et peu ensoleillé (activité bactérienne réduite), le Hêtre est acidifiant, alors qu'en climat doux et assez ensoleillé (bonne activité des microorganismes), il fournit un humus doux. Le sol intervient également d'une manière non négligeable: sur les sols pauvres en bases échangeables et très lessivés, l'humus de hêtre s'acidifie rapidement (DUCHAUFOUR [70]).

D'après nos observations, l'humus de hêtre dans le secteur ligérien sur sols bruns ou peu lessivés est du type « doux »; le profil 1116 en est un bon exemple; l'horizon A_1 est moins acide que A_2 et sa teneur en calcium échangeable est plus élevée, ce qui traduit l'action « améliorante » de l'humus. Par contre, dans le Finistère, notamment dans la forêt du Cranou, le Hêtre se comporte en essence acidifiante: sous son couvert on observe toujours un horizon A_0 épais; l'horizon

(1) Notons cependant que ces derniers chiffres varient dans de larges limites; ils dépendent, comme le note HESSELMAN, de la teneur en calcium du substratum: par là, le Hêtre s'oppose au Chêne dont la feuille présente un pH à peu près constant.

A_1 est plus acide que l'horizon A_2 et il ne montre aucune augmentation de la teneur en calcium échangeable (profils 299 et 2210). Une observation semblable a pu être faite, pour les sols de Hêtraies sur roche-mère sableuse ou gréseuse très pauvre: ainsi l'horizon A_1 du profil 1237 sur sables de Fontainebleau, indique un pH de 4,3 contre 5,8 pour A_2.

5° L'INFLUENCE DU MILIEU SUR LA DÉCOMPOSITION DE LA COUVERTURE MORTE

Le cas du Hêtre nous montre l'importance extrême des conditions extérieures pour la décomposition de la couverture morte et la nature de l'humus produit.

En climat doux peu humide, assez ensoleillé, l'activité bactérienne est favorisée et la décomposition de la couverture morte est rapide: elle a tendance à donner naissance à de l'humus doux, à condition que le rapport initial C/N des débris végétaux ne soit pas trop élevé: c'est ce qui se passe dans le secteur ligérien. Au contraire, en climat froid, ou tout au moins peu ensoleillé et humide, on constate que la décomposition de la matière organique est lente et l'humus qui s'accumule est du type humus brut: c'est ce qu'on observe dans les régions les plus humides du secteur armoricain (Basse-Bretagne).

En ce qui concerne le sol, la nature de l'humus dépend en grande partie de la richesse en calcium échangeable du substratum: si le complexe absorbant peut fournir, par échange, des bases aux colloïdes humiques en cours de formation, les propriétés de ceux-ci se rapprocheront d'autant plus de celles de l'humus doux que la richesse en bases échangeables du sol minéral sera plus grande.

La théorie de MATTSON et KOUTLER-ANDERSON [**159**] va nous permettre d'expliquer ces deux phénomènes: ces auteurs constatent que la perte de bases par lessivage est particulièrement importante au début de la décomposition de la matière organique, tant que la quantité d'acidoïdes est encore trop faible pour les fixer. Si par conséquent, en conditions climatiques défavorables, l'humification est lente en raison d'une faible activité des microorganismes, et le lessivage des cations rapide par suite de l'humidité, la teneur en bases de l'humus diminue; il n'y a donc pas production d'acidoïdes, et le rapport C/N a tendance à rester au niveau initial: l'humus tend vers le type humus brut.

Au contraire, en climat très favorable, si la décomposition est assez rapide pour que les bases contenues dans les débris végétaux soient fixées à temps, il y a production d'acidoïdes en quantité d'autant plus

grande qu'il y a plus de bases présentes, ce qui a pour effet, nous l'avons vu, de faire baisser le rapport C/N : l'humus sera du type doux.

La même explication est valable pour le rôle favorable du calcium échangeable du sol : il y a production d'une quantité d'acidoïdes d'autant plus élevée que le sol fournit plus de bases échangeables ; ce qui influence de la même façon la nature de l'humus formé (voir Tableau XXV).

Dans ces conditions, on conçoit aisément que le milieu extérieur exerce une action plus importante sur la décomposition de la couverture morte du hêtre que sur celle des autres espèces forestières ; en effet, le rapport C/N de la feuille de hêtre est élevé, ce qui rend initialement sa décomposition lente, mais elle est généralement assez riche en bases et notamment en calcium (cf. note page 258) ; la couverture morte étant en outre abondante, il peut se constituer en surface une certaine réserve de bases ; tout va alors dépendre de l'activité bactérienne, elle-même fonction du climat ; si la décomposition est lente, cette réserve est en grande partie perdue par lessivage et il se forme un humus brut. Si la décomposition est assez rapide, le rapport C/N diminue fortement par suite de la production d'acidoïdes et le résultat final est un humus doux.

Enfin, le cas de l'humification en conditions anaérobies prouve, une fois de plus, l'indépendance relative qui peut exister entre le pH, et la nature de l'humus formé ; sur les sols compacts et fréquemment saturés d'eau, l'activité biologique est très lente, de sorte qu'il se produit un humus de type brut à rapport C/N élevé ; mais l'intensité du lessivage reste faible et la perte de bases réduite ; *cet humus brut est donc peu acide* (sols 1119, 121, 122 ; pour 1120, voir Tableau XXV).

Dès que l'aération vient à s'améliorer (drainage), l'activité des bactéries aérobies reprend, et l'humus brut peut alors rapidement se transformer en humus doux, à l'inverse de ce qui se passe pour l'humus brut pauvre en bases, des stations bien drainées.

6° CONCLUSION ET RÉSUMÉ

Le rapport C/N des débris végétaux et de l'humus présente donc une importance toute particulière : lorsque ce rapport est faible pour la couverture morte, et que l'activité bactérienne est assez intense, l'humification et la minéralisation de l'humus sont actives : l'humus est alors peu abondant (absence de l'horizon A_0) et il est du type doux ; il y a libération d'une quantité appréciable d'ammoniaque.

Si ce rapport C/N est initialement élevé, dans le cas où les conditions extérieures sont très favorables à une grande activité bactérienne (du type aérobie), *le rapport peut s'abaisser* et le produit final être un humus doux à décomposition rapide. Mais si les conditions extérieures sont peu propices à la prolifération des bactéries aérobies, le rapport reste élevé ; dans ce cas, un humus brut s'accumule (horizons A_0 et A_1 développés). Au cours de la décomposition très lente de cette matière organique, les microorganismes utilisent la presque totalité de l'azote disponible pour l'édification de leurs tissus vivants, de sorte que la libération de l'ammoniaque utilisable par les plantes est à peu près nulle (Hesselman [120], Waksmān [227], Quastel [186]).

Le Tableau XXV donne les rapports C/N que nous avons mesurés, pour certains des sols étudiés dans les chapitres précédents : pour faciliter les comparaisons, ce rapport a été calculé pour les horizons A_1 ; le taux du carbone a été mesuré par la méthode d'Anne [16], et celui de l'azote par celle de Kjeldahl, modifiée par Demolon [60].

D'après ce tableau, on peut classer les types d'humus en trois grandes catégories : *l'humus doux* (mull) à C/N un peu inférieur à 10 (sol brun, ou peu lessivé), *l'humus brut de feuillus* (mor) à C/N variant de 12 à 15 (sol podzolique), et enfin *l'humus brut de bruyères et de pins*, à C/N toujours supérieur à 15 et dépassant souvent 20 (Podzol).

Le rôle de la végétation apparaît donc comme essentiel : alors que l'humus de chênes, en bonnes conditions, présente un rapport C/N inférieur à 10, l'humus de hêtre sur roche-mère sableuse ou gréseuse donne un rapport C/N oscillant entre 12 et 15 (stations 1237, 2116 et 229). Enfin, l'humus d'Ericacées peut atteindre le rapport 20, au moins pour les vieilles Landes (le chiffre obtenu est plus faible pour les stations 231 et 235, parce qu'il s'agit de landes encore jeunes). L'importance de ce facteur est mise en évidence par la comparaison entre le sol 313 et les podzols 3317 et 3322, tous sur sable des Landes : sous les feuillus, le rapport n'est que de 13,4, alors qu'il est supérieur à 20 dans la Lande ; pour des peuplements denses de Pin sylvestre, il atteint 23 (voir Tableau, page 313).

L'influence de la teneur en calcium échangeable de la roche-mère apparaît nettement : les sols riches en bases à pH élevé offrent en général un rapport C/N faible ; la comparaison du sol 3212 d'une part, et 3317, 3322 d'autre part, est, à cet égard, significative : les deux types de peuplements et de landes (à Molinie et *Erica Scoparia*) sont analogues ; la nature des débris est sensiblement la même ; mais, alors que les deux dernières stations sont sur sable des Landes à taux de cal-

Types de sols	N° de station	Horizon	Type d'humus et origine des débris
I. Secteur ligérien			
1° *Sols lessivés*	114	A_1	Humus doux (Chêne)
	117	A_1	Humus doux (Chêne)
	1110	A_1	Humus doux (Chêne et Charme)
	1120	A_1	Humus brut (*Molinia cærulea* et *Pinus sylvestris*)
2° *Sols podzoliques*	123	A_1	Humus brut (Chêne et Hêtre)
	1237	A_1	Humus brut (Hêtre)
3° *Podzols*	136	A_1 (au contact de A_0)	Humus brut (*Pinus sylvestris* et bruyères)
	1315	A_1	Humus brut (pin maritime et bruyères)
II. Secteur armoricain			
1° *Sols bruns et lessivés* ...	218	A_1	Humus doux (Chêne et Hêtre)
	2116	A_1	Humus brut (Hêtre et *Vacc. Myrtillus*)
2° *Sols podzoliques*	229	A_1	Humus brut (Hêtre)
3° *Podzols*	231	A_1	Humus brut (bruyères), lande jeune
	235	A_1	— id. —
	236	A_1	Humus brut (bruyères) vieille lande
III. Sous-secteur des Landes			
1° *Sols jeunes ou podzoliques*	313	A_1	Humus brut (feuillus)
	3212	A_1	Humus neutre de bruyères et de pins
2° *Podzols*	3319	A_1 Alios partie inférieure	Humus brut (bruyères, pins)
	3324	A_1	Humus brut (bruyères et pins)

Roche-mère et cond. particul.	pH	C %	N %	C/N	Chaux éch.
Argiles pliocènes	5,8	1,30	0,20	**6,5**	7,6
Argiles pliocènes	5,3	1,47	0,16	**9**	2,6
Argiles à silex	5	2,76	0,32	**8,6**	1,0
Argiles plastiques (*anaerobiose*)	5,5	3,93	0,23	**17**	9,3
Argiles à silex	4,7	2,83	0,28	**10**	0,5
Sables de Fontainebleau	4,3	0,92	0,06	**15,3**	1,3
Argiles à silex	3,8	7,3	0,33	**22,1**	0,5
Argiles à silex	4,8	2,52	0,14	**18**	0,4
Granites, pied de pente	5,4	1,66	0,25	**6,6**	1,1
Grès schisteux, pente	5,6	1,55	0,13	**12**	1,1
Grès schisteux (sommet de pente)	5,2	5,8	0,48	**12,1**	1,4
Grès armoricain (pente)	5	1,5	0,09	**16,6**	1,9
Grès dévonien (pente)	4,5	5,53	0,34	**16,3**	1,8
Grès armoricain (pente)	4,7	3,01	0,15	**20**	1,2
Sable des Landes	4,8	2,15	0,16	**13,4**	1,3
Graves	6,8	1,8	0,12	**15**	5,4
Sable des Landes	4,1	3,4	0,16	**21,2**	1,2
	5,7	0,78	0,06	**13**	1,0
Sable des Landes	5	2,46	0,11	**22**	0,8

cium très faible, la première se trouve sur « graves » à couche argileuse peu profonde et à taux de chaux échangeable élevé, ce qui a pour effet d'abaisser le rapport C/N de 22 à 15.

Cependant, on constate, comme nous l'avons signalé, qu'il existe pour les faibles teneurs en calcium de la roche-mère, une indépendance relative entre le pH et la nature de l'humus ; les pH voisins de 5 constituent, en conditions aérobies, une sorte de zone contestée, pour laquelle l'humus peut être aussi bien du type doux (sol 1110 ; C/N = 8,6), que du type acide (sol 3322 ; C/N = 22). La station 2116 est caractérisée par un C/N double de celui de la station 218, alors que la teneur en calcium et le pH sont du même ordre de grandeur.

En conditions anaérobies, ce phénomène est encore beaucoup plus net, en raison de la faible activité biologique et de la lenteur des processus d'humification : c'est ainsi que pour le sol 1120, le rapport C/N atteint 17, malgré une faible acidité et une grande richesse de la roche-mère en calcium (argile plastique du Sparnacien ; l'horizon C à 25 cm. de la surface présente 35,8 milliéquivalents pour 100 gr. de chaux échangeable ; le chiffre pour A_1 est 9,3).

III. — Processus de la podzolisation en climat atlantique

Nous avons pu constater au cours des chapitres précédents, qu'un sol, du type sol brun, pouvait sous certaines conditions évoluer vers le stade podzol, dont le degré de lessivage est maximum.

Cette évolution peut débuter, alors que la végétation est encore à l'état de forêt feuillue assez dense, et que le sol est encore peu acide ; elle se termine sous la lande à Ericacées, dans des conditions d'acidité en général plus accentuées ; il est évident qu'au cours de ces deux phases, les phénomènes physico-chimiques qui se produisent sont très différents : au début, le rôle des colloïdes humiques est faible, on assiste surtout à un entraînement mécanique de colloïdes, en majorité électronégatifs ; à la fin, les acides humiques prennent au contraire une importance croissante, et ils exercent une véritable action chimique sur les colloïdes minéraux.

1° PROCESSUS DE L'ÉLUVIATION

a) Première phase :

Entrainement mécanique des colloides électro-négatifs

Cette phase se produit dans les sols de type lessivé et podzolique et elle est en rapport avec les associations de forêt feuillue (Chênaie acidophile) : nous avons constaté que dans ces conditions, l'éluviation

intéressait surtout l'argile et les oxydes de fer, alors que la matière organique ne migrait qu'en très faible quantité. Les oxydes ferriques sont des colloïdes électro-positifs, mais BARBIER [23] a montré qu'en présence d'argile, les oxydes de fer ne peuvent migrer que sous forme de complexes électro-négatifs, car il se produit une floculation mutuelle de l'argile (électro-négative) et des oxydes de fer (électro-positifs); il est maintenant démontré que ces complexes électro-négatifs sont les complexes ferri-siliciques étudiés par DEMOLON et BASTISSE [61]. Quant aux argiles, malgré l'exception signalée par BARBIER, d'argiles ayant fixé de grandes quantités de fer, phénomène assez peu fréquent, elles se comportent aussi en colloïdes électro-négatifs.

Ces colloïdes peuvent migrer, tant que le pH reste voisin de la neutralité, d'autant plus qu'il s'agit surtout d'un entraînement mécanique par les eaux d'infiltration. Les colloïdes humiques peuvent jouer dans cette première phase, un rôle important, bien qu'il s'agisse d'humus doux et que leur minéralisation soit rapide: comme nous l'avons déjà signalé, TROCMÉ et BARBIER [220] ont en effet démontré que ces colloïdes humiques peu acides sont particulièrement aptes à jouer, à l'égard de l'argile, le rôle de colloïde protecteur, facilitant ainsi considérablement la dispersion et par conséquent le lessivage de cette dernière: il suffit d'imaginer que pour une cause ou pour une autre, l'activité bactérienne vienne à décroître momentanément dans le sol, pour qu'aussitôt la quantité des colloïdes humiques augmentant, une recrudescence de l'entraînement de l'argile s'ensuive: c'est, semble-t-il, de cette façon qu'il est possible d'expliquer, en forêt, le passage des sols lessivés aux sols podzoliques.

Il convient d'insister, sur le fait que le démarrage des phénomènes de lessivage, n'est pas lié nécessairement à un processus d'acidification puisqu'un tel phénomène aurait précisément pour effet de fixer les colloïdes électro-négatifs: le lessivage de l'argile et du fer peut être accentué, même en milieu neutre et en présence d'une quantité appréciable de calcium échangeable: nous en avons signalé divers exemples (stations 111, 1116, 1117); on peut constater que pour ces deux dernières stations la teneur en matière organique des horizons A_2 et B n'est pas négligeable.

Il s'agit là d'un phénomène général, puisque nous avons pu constater l'existence de tels sols lessivés en argile, même en pays méditerranéen: c'est ainsi qu'au Maroc, près des rives de l'Oued Korifla (grès schisteux), au sud de Rabat, nous avons trouvé que le rapport de podzolisation de l'argile peut atteindre 2,5, alors que le pH est de 6,7.

Ce sont en effet les deux facteurs essentiels: *perméabilité de la roche-mère* et *humidité du climat,* qui conditionnent cette première phase.

Deuxième phase
La podzolisation chimique; migration des colloides électro-positifs (complexes humus - oxydes ferriques)

Cette phase est précédée d'une *période de transition* plus ou moins longue, qui correspond au stade podzolique. C'est la période au cours de laquelle la strate arborescente devient de plus en plus claire: la Chênaie se dégrade, ou elle est en cours de dégradation. Par suite de la diminution de l'activité bactérienne, l'humus est en voie d'évolution vers l'humus brut: la quantité de colloïdes humiques va en augmentant, ce qui provoque un nouvel entraînement d'argile et de bases absorbées. Il est à noter cependant qu'au cours de cette phase transitoire, les colloïdes humiques qui migrent, sont encore des complexes à molécule moyenne, ne colorant pas les horizons A_2 ou B (le rapport C/N est peu supérieur à 10; voir le Tableau XXV).

C'est lorsque les Ericacées ont envahi le sol (phase lande) que commence la phase d'éluviation chimique proprement dite qui caractérise le stade Podzol.

Les Bruyères, souvent aidées par les débris de pins, s'il y en a dans l'étage dominant, fabriquent une grande quantité de colloïdes humiques à grosse molécule, de couleur noire (complexes lignine-protéine à rapport C/N voisin de 20), qui résistent à l'activité bactérienne (d'ailleurs affaiblie à ce stade) et qui peuvent ainsi migrer en profondeur, tout en exerçant une action chimique sur les silicates minéraux, qu'ils rencontrent sur leur passage: ils les appauvrissent en sesquioxydes (surtout oxydes ferriques), qu'ils entraînent sous forme de complexes (Mattson [**155** à **157**]), laissant sur place un résidu très riche en silice qui constitue l'horizon cendreux caractéristique. (Pour Joffe [**133**], cet horizon A_2 contient même une forte proportion de silice colloïdale à l'état libre).

Notons que la migration des complexes électro-négatifs a tendance à s'arrêter; car ceux-ci sont stabilisés par la forte acidité: c'est ainsi que les complexes minéraux résiduels riches en silice, qui apparaissent en A_2 restent sur place, ainsi qu'une partie des acidoïdes humiques en A_0 et A_1. Mais les complexes humus-fer (complexes acidoïdes basoïdes) qui prennent naissance, sont assez riches en basoïdes pour être *électro-positifs* au pH donné: ils sont alors à l'état dispersé et peuvent migrer facilement.

Au fur et à mesure que le pH diminue, la proportion d'acidoïdes dont la dispersion est possible en A, augmente progressivement: on peut admettre par conséquent que les premiers complexes qui migrent présentent un rapport acidoïdes-basoïdes plus faible que les derniers: c'est bien ce que nous avons constaté dans la majorité des podzols étudiés (MATTSON et LÖNNEMARK [**160**]).

Les deux phases d'entraînement mécanique des colloïdes et de la podzolisation chimique, peuvent être mises en évidence par la comparaison des rapports SiO^2/Al^2O^3 des colloïdes minéraux dans les horizons A et B. Nous avons établi ce rapport pour les argiles de quelques sols typiques (analyse par fusion alcaline).

Rapport SiO^2/Al^2O^3 Mol.

	Sols lessivés ou podzoliques			*Podzols*	
Sols	117	121		1316	233
Horizons A_2	3,9	3,5	A_2	12,2	3,0
Horizon B	3,7	3,4	B	2,2	1,9

Pour les deux premiers sols, on constate que les colloïdes minéraux présentent en A et en B des rapports voisins; ils n'ont donc pas été modifiés chimiquement par le lessivage. Il n'en est pas de même des podzols, surtout le N° 1316, pour lequel l'horizon A_2 accuse un rapport particulièrement élevé en comparaison de B (libération de silice en A_2).

2° PROCESSUS DE L'ILLUVIATION

Là encore l'accumulation en un horizon B a lieu suivant un processus variable, suivant que la podzolisation n'en est qu'à son début (première phase) ou qu'elle est plus avancée (deuxième phase).

a) L'illuviation au cours de la phase forestière

Nous avons constaté qu'en raison de l'absorption considérable d'eau par les racines, le plan d'eau était en général maintenu profond. Cependant, il arrive que, la migration des complexes électro-négatifs, qui, nous l'avons vu, résulte surtout de leur entraînement mécanique par les eaux d'infiltration, cesse par simple arrêt de leur mouvement à la partie supérieure du plan d'eau; c'est le cas de la plupart des sols à horizon de Gley.

Mais dans la majorité des cas l'horizon illuvial apparaît au-dessus du niveau moyen du plan d'eau; deux facteurs principaux semblent intervenir dans sa formation: d'abord la dessication progressive des colloïdes causée par l'absorption intense d'eau par les racines des ar-

bres, ce qui a aussi pour effet de limiter le mouvement descendant des eaux infiltrées; ensuite, l'action floculante des ions Ca^{++} de plus en plus abondants en profondeur: Demolon et Bastisse ont démontré cette action sur les complexes ferri-siliciques [**61**]. On sait d'autre part que les colloïdes humiques qui « protègent » l'argile, lorsqu'ils sont dispersés, la sensibilisent au contraire à la floculation en présence d'une concentration suffisante en ions Ca^{++} (Demolon [**60**]).

Quelle que soit la cause qui intervienne de façon dominante, au cours de cette phase, l'horizon d'accumulation est toujours particulièrement *profond,* en raison de la profondeur de l'enracinement, et de la nappe d'eau.

b) L'illuviation au cours de la phase lande

Au fur et à mesure que les espèces de la lande se substituent aux espèces forestières, et en particulier aux arbres, on peut observer une remontée de l'horizon illuvial, ce qui semble dû à deux causes principales: d'abord, dans bien des cas, le plan d'eau subit lui-même une hausse en relation avec la disparition de la strate arborescente et l'accumulation antérieure d'argile; ensuite, les racines des bruyères étant moins profondes que celles des arbres, dessèchent et précipitent les colloïdes en cours de migration, à un niveau plus superficiel (Oudin [**174**]).

Il semble que dans la plupart des cas, en stations horizontales et non drainées, le niveau phréatique joue ici un rôle essentiel: c'est particulièrement valable pour tous les horizons d'alios comme l'a constaté Maran [**152**]: c'est au contact du niveau des eaux capillaires que floculent les complexes humus-fer en cours de migration: lorsque le plan d'eau est profond en toute saison, l'horizon B reste diffus sur une grande épaisseur et l'alios ne peut prendre naissance (vieille Dune).

Ce phénomène s'explique aisément par le pH, normalement élevé, des eaux souterraines, en raison des sels ferreux en dissolution qu'elles contiennent: par suite de cette brusque augmentation de pH, les complexes humus-oxydes de fer précipitent dès que le point iso-électrique est atteint (Mattson [**155** à **157**], Frei [**90**]): on constate effectivement quand on mesure le pH d'un podzol qu'il augmente en général du haut vers le bas, et en particulier que le pH de l'horizon B_1 (surtout humique) est inférieur au pH de l'horizon B_2 (surtout ferrique): c'est le cas pour les podzols 235, 236, 3319, 3321; les premiers complexes lessivés étant plus riches en basoïdes précipitent en effet à un pH iso-électrique plus élevé, donc à un niveau situé plus bas que les derniers complexes qui migrent et qui, eux, sont plus riches en acidoïdes.

En conclusion, nous constatons, d'accord en cela avec AALTONEN [3] que l'horizon B s'épaissit progressivement par le haut, et se rapproche ainsi de la surface, tant pour des raisons purement mécaniques que pour des raisons d'ordre physico-chimique. Sauf de rares exceptions, on trouve ainsi superposés, de haut en bas, les produits de l'éluviation chimique (deuxième phase), les plus riches en humus d'abord, puis les plus riches en fer ; en-dessous viennent les éléments de l'éluviation mécanique (première phase), comportant surtout de l'argile ferrique rouille : la succession des horizons d'accumulation retrace ainsi l'histoire de la végétation ; les plus profonds rappellent la phase forestière, les plus superficiels résultent de l'action de la Lande (cette constatation est particulièrement nette pour les profils 136, 1315, 1322 et 2212 étudiés antérieurement).

3° PRINCIPALES VARIATIONS DU PROCESSUS DE PODZOLISATION DANS LES SECTEURS ÉTUDIÉS

Certaines de ces variations sont imputables au climat, d'autres, plus nombreuses, à la roche-mère et au niveau de la nappe d'eau.

a) Variations liées au climat

Alors que dans le secteur ligérien et dans le sous-secteur des Landes, les différentes phases de la podzolisation que nous avons envisagées, sont nettement distinctes, et, relativement séparées dans le temps, il n'en est pas de même du secteur armoricain, qui présente, en raison de la très grande humidité du climat, *un véritable chevauchement des deux phases principales:* la migration des colloïdes humiques qui sont formés en grande abondance, débute, *alors même que l'horizon lessivé A_2 est encore riche en argile:* c'est la raison pour laquelle nous avons été amené à distinguer un type particulier de sol podzolique : *les sols podzoliques humiques,* dont les horizons A_2 et B se trouvent déjà fortement enrichis en humus, alors que l'horizon A_2 peut contenir encore 15 à 20 % d'argile (planche XV, types III et IV).

On n'observe rien de semblable dans le secteur ligérien : dans ce secteur la migration des colloïdes humiques à grosses molécules ne débute qu'une fois que les horizons supérieurs ont été suffisamment appauvris en argile par lessivage.

b) Variations liées a la roche-mère et au plan d'eau

Le facteur essentiel, qui règle l'évolution des sols, est, nous l'avons vu, le facteur perméabilité, lié au drainage plus ou moins complet (pente). C'est donc à ce point de vue que nous nous plaçons surtout, pour l'étude des quatre cas fondamentaux que nous envisageons.

Roche-mère argileuse compacte (ou plan d'eau superficiel en toutes saisons) - Planches XI et XII, Série A, Types I à III

Dans ce cas le lessivage est limité, aussi bien le lessivage de l'argile que celui qui intéresse l'humus : le sol reste le plus souvent du type sol lessivé à Gley (N_1), il atteint rarement le stade faiblement podzolique (V_2) (Stations 121-122). L'acidification superficielle reste faible, car le complexe absorbant ne s'appauvrit guère ; cependant, lorsque le plan d'eau vient à affleurer en permanence (Chênaie dégradée) par suite des conditions anaérobies qui règnent alors, la rapidité de la décomposition de la matière organique décroît et l'humus conserve un rapport C/N élevé ; il est donc du type *humus brut* (quoique peu acide) ; mais la migration des colloïdes humiques reste limitée aux horizons tout à fait superficiels, il n'y a donc pas à proprement parler de podzolisation. En Sologne, dans quelques rares cas où la roche-mère est suffisamment appauvrie en bases échangeables, une tourbière spongieuse à *Sphagnum* peut apparaître (Station 133).

On peut rapprocher de ces sols très argileux, les sols sableux, que nous avons rencontrés en Sologne et dans les Landes, dans lesquels le niveau de la nappe d'eau reste superficiel en toutes saisons. Les phénomènes de migration sont très lents et on passe directement d'un stade podzolique à horizon de Gley au sol de tourbière spongieuse.

Roche-mère assez riche en argile, plus filtrante

Cette catégorie correspond aux roches-mères argileuses et caillouteuses ou sablo-argileuses que nous avons étudiées dans le secteur ligérien.

Dans ce cas, le lessivage peut aller jusqu'au stade podzol, et on observe en outre que les deux phases fondamentales sont nettement séparées : au cours de la phase lessivée, et podzolique, c'est surtout l'argile et le fer qui migrent ; au cours de la phase podzol, c'est au contraire les colloïdes humiques entraînant des basoïdes : l'examen de nos analyses permet, dans la plupart des cas, de déceler ces deux phases : on constate en effet que le rapport de podzolisation d'argile reste

sensiblement constant, lorsqu'on passe du type podzolique au podzol, alors que le rapport de podzolisation-fer continue à augmenter ; quant à la matière organique, l'horizon B_1, d'accumulation humique, n'apparaît que dans le stade podzol.

Deux cas sont alors à distinguer suivant qu'il s'agit d'une roche-mère argileuse mais riche en cailloux et éléments grossiers, en stations drainées, ou d'une roche-mère argileuse et sableuse, en stations horizontale et non drainée.

Dans le cas d'une roche-mère argilo-caillouteuse, en station drainée, le plan d'eau reste suffisamment profond pour ne pas entraver la migration des colloïdes humiques au cours de la seconde phase : ceux-ci traversent l'horizon A_2 (tout en le rendant cendreux) pour venir se plaquer à la surface de l'horizon d'accumulation d'argile et de fer, antérieurement formé ; l'horizon lessivé est donc faiblement humifère, l'horizon illuvial comprend deux parties, la partie supérieure humique, la partie inférieure argileuse et ferrique : on se trouve en présence d'un podzol humo-ferrugineux typique (planches XI et XII, Types I à IV, Série B).

Dans le cas d'une roche-mère sableuse et argileuse, en station peu drainée, le processus du lessivage est différent : le premier stade est un *sol podzolique à Gley ;* l'eau souterraine monte par capillarité et imbibe comme une mèche l'horizon illuvial, réduisant ainsi les sels de fer à l'état ferreux.

Lorsque la migration des complexes humiques débute, les plus solubles (peu colorés) peuvent descendre assez profondément et arriver au contact du niveau de Gley ; mais les complexes lignine-protéine à grosses molécules sont arrêtés par les eaux capillaires ascendantes, *nettement au-dessus du Gley :* ces complexes de couleur noire, colorent uniformément les horizons supérieurs A_1 et A_2 en gris foncé, et tendent à constituer un horizon d'*alios* plus ou moins compact au-dessus du niveau moyen de la nappe d'eau : le concrétionnement de cet horizon est plus ou moins caractérisé, suivant que la profondeur moyenne du plan d'eau et l'amplitude de ses oscillations sont plus ou moins favorables à la constitution de l'alios. Ce type de sol est alors un *podzol humique* (Planches XI et XII, Série C, Type IVa).

Citons à titre d'exemple, les profils 1315 (horizon B encore peu concrétionné) et 239 (podzol à alios) ; le profil 1322 entre aussi dans cette catégorie bien qu'il constitue une transition vers le cas suivant : la présence de bandes successives enrichies en argile et en fer, en

profondeur, décèle une importante migration de ces éléments, antérieurement à celle de l'humus.

Pour être complet, il faut noter que dans certains cas, la migration des complexes humiques à grosses molécules est presque totalement freinée ; seuls les éléments plus dispersés et peu colorés agissent sur l'horizon lessivé, qui tend ainsi à devenir cendreux, au-dessus du Gley (*Podzol à Gley* - Planches XI et XII, Série C, Type IVb).

Roche-mère sableuse (Planches XIII et XIV)

C'est un cas que nous avons observé dans la région de Fontainebleau, en Sologne et dans les Landes.

Les deux phases fondamentales existent également, mais avec quelques variations par rapport au processus normal : au cours de la première phase, on constate que l'argile, toujours en quantité très réduite dans tous les horizons, se répartit souvent en quantité presque constante ou même décroissante avec la profondeur (1) ; par contre, on observe une nette accumulation de fer dans l'horizon B ; la migration du fer peut s'effectuer soit sous forme de complexes ferri-siliciques, soit même directement à l'état d'hydrate colloïdal, l'argile se trouvant en quantité trop faible pour provoquer sa floculation.

Cette phase typique de migration du fer, s'observe en forêt feuillue plus ou moins dégradée ; nous l'avons notée à Fontainebleau (station 1237), dans la Vieille Dune (stations 322 et 326), et dans certains sols podzoliques landais (stations 329, 3212, etc...).

La seconde phase, la phase de migration des complexes humiques, provoque la formation, lorsque le sol est horizontal et qu'il présente une nappe d'eau phréatique de profondeur moyenne, d'un horizon d'*alios humique*.

En ce qui concerne le type de podzol qui prend naissance, il est possible de distinguer deux cas, que nous avons déjà étudiés dans les Landes :

— Lorsque le plan d'eau moyen est profond (sol drainé), la migration des complexes à grosses molécules s'effectuant librement, c'est un podzol humo-ferrugineux à A_2 cendreux qui apparaît : l'alios prend naissance *au-dessus du plan d'eau hivernal ;* le rapport de podzolisation de l'humus est élevé.

(1) Ce phénomène, constaté par AALTONEN [1], semble dû à l'apport par l'atmosphère et la végétation, d'éléments colloïdaux minéraux en quantité supérieure à celle entraînée par le simple lessivage mécanique. Par contre à la phase de podzolisation chimique, en station drainée (podz. humo-ferrugineux), l'entraînement des colloïdes minéraux de A_2 peut être presque total.

— Lorsque le plan d'eau moyen est plus superficiel (notamment en hiver), la migration des complexes humiques se trouvant freinée au cours de la saison humide, l'horizon A_2 reste coloré en gris, et le rapport de podzolisation de l'humus est faible : *un podzol humique* apparaît alors, dont *l'alios se forme en-dessous de la nappe d'eau hivernale:* il arrive fréquemment que par suite d'une surélévation du plan d'eau, le premier type évolue ensuite vers le second. D'autre part, nous avons déjà signalé que, lorsque le niveau du plan d'eau s'abaisse plus ou moins fortement en été, la matière organique a tendance à se répartir sur une grande profondeur et l'évolution du sol est ainsi considérablement ralentie (podzol humique à accumulation diffuse).

Plusieurs auteurs ont souligné l'importance du drainage et de la profondeur des eaux souterraines dans la podzolisation : elle ressort nettement des trois séries d'évolution que nous venons de passer en revue ; nous avons déjà cité les travaux de Tamm [**215**] et de Mattson [**160**] à ce point de vue. En Amérique, Wilde [**230**], insiste sur les variations de l'épaisseur de l'horizon humifère A_1 en fonction du drainage : si cet horizon est en général assez épais dans les sols podzoliques, au contraire dans les podzols humo-ferrugineux il se réduit à une zone de quelques centimètres au contact de A_0 ; *il semble que la migration de l'humus à grosses molécules soit trop rapide, en stations bien drainées, pour que l'horizon A_1 soit très développé;* seules, les micelles organiques les plus fines, peu colorées (à faible rapport C/N) restent en A_2, absorbées à l'état de fine pellicule par les éléments minéraux ; l'horizon A_2 est alors de couleur cendreuse (Frei [**90**]).

Au contraire, en station peu drainée (podzol humique), les colloïdes humiques à grosses micelles, de couleur foncée (rapport C/N élevé), sont freinés dans leur migration et tendent à imprégner l'horizon A_2 qui prend une teinte grise noirâtre et se confond avec l'horizon A_1.

Roche dure et en pente (Secteur armoricain, planches XV et XVI)

Il s'agit des grès et des roches cristallines que nous avons étudiés en détail dans le chapitre III. Nous avons indiqué qu'elles donnaient lieu au phénomène de *lessivage oblique.*

Il est intéressant de constater que ce phénomène de lessivage oblique permet de définir, de délimiter dans l'espace en quelque sorte, les différentes phases de la podzolisation que nous avons distinguées ; mais il faut tenir compte de ce que, sous le climat armoricain, la phase de migration de l'humus débute d'une manière particulièrement précoce comme nous l'avons signalé antérieurement.

Au cours de la première phase (phase forestière), le lessivage de l'argile le long de la pente débute, mais reste encore réduit.

Au cours de la seconde phase (qui correspond en quelque sorte à la phase de transition signalée dans les autres séries, mais qui est marquée par une influence de l'humus plus importante), le lessivage de l'argile continue ; la lande envahit progressivement le sommet des pentes et le lessivage oblique des colloïdes humiques à petites et moyennes micelles se produit, ce qui accélère la podzolisation des niveaux situés en contrebas.

Enfin, la dernière phase correspond à l'extension de la lande tout au long de la pente ; le lessivage des colloïdes argileux est à peu près terminé ; ce sont les colloïdes humiques à grosses molécules qui migrent et cette fois *leur migration est verticale et non plus oblique ;* les micelles de ces colloïdes sont en effet trop grosses et trop faiblement dispersées, à cette phase, pour être entraînées obliquement par les eaux ; de plus, une désagrégation plus poussée de la roche-mère facilite l'infiltration verticale des pluies et diminue la part des eaux qui s'écoule le long de la pente.

L'analyse des deux profils 236 et 2316 apporte la confirmation de cette théorie (deuxième partie, page 192) ; c'est l'accumulation d'argile et de fer au bas de la pente qui explique le rapport de podzolisation extrêmement faible pour l'argile du podzol 236 ; par contre, la migration et l'accumulation de matière organique ont pris une importance considérable dans ce profil.

Le résultat de cette évolution d'un type particulier est évidemment la formation d'un podzol humo-ferrugineux typique au sommet et le long de la pente, puisque le drainage y est excellent : il faut admettre que l'accumulation se produit au niveau où la richesse en basoïdes de la roche-mère (surtout oxydes de fer) est suffisante pour provoquer la floculation iso-électrique des complexes humiques : la richesse en fer de ces grès primaires est en effet presque partout assez élevée en Bretagne. Au pied de la pente, c'est un sol de type tourbeux qui se développe sur le substratum d'argile compacte et non drainée qui s'est accumulé antérieurement.

Rappelons que deux exemples de lessivage oblique ont été également observés sur roche non consolidée dans le secteur ligérien : un exemple de lessivage de l'argile (sols 124 à 126) et un exemple de lessivage oblique de colloïdes humiques sur roche-mère sableuse (sols 1319, 1320. - Voir également chapitre II, page 298).

IV. — L'évolution régressive des associations

Le phénomène de la podzolisation, dont nous avons défini les phases dans le paragraphe précédent, n'est pas inévitable dans tous les cas : il dépend essentiellement de l'évolution de la végétation et des facteurs du milieu. Dans la majorité des cas, ce processus peut marquer un temps d'arrêt, de durée très variable, au cours d'une des phases, et il se constitue ainsi un état d'équilibre intermédiaire plus ou moins stable.

1° LA CHÊNAIE ACIDOPHILE OU A HUMUS DOUX

Ce groupe d'associations correspond précisément à l'état d'équilibre initial, caractérisé par la forêt dense et un sol du type sol brun ou lessivé. Au point de vue du sol, on constate que l'activité bactérienne est en général intense : elle est favorisée par une couverture morte annuelle abondante et en général facilement attaquable (feuilles des Chênes et essences accessoires) ; l'humus est du type humus doux ou faiblement acide, il est donc rapidement minéralisé ; il n'exerce alors qu'un faible rôle dans l'entraînement mécanique des argiles (colloïdes protecteurs) et son action chimique est nulle, ce qui explique que le lessivage soit peu accentué ; de plus, l'activité des animaux, notamment des vers des terre, est considérable : elle a pour effet de provoquer la remontée en surface d'une grande partie des colloïdes, notamment de l'argile : il s'établit ainsi un équilibre lorsque la quantité de colloïdes, ainsi ramenée de façon régulière dans les horizons supérieurs, compense exactement le lessivage mécanique.

Au point de vue de la végétation, les conditions de nutrition sont à leur optimum : la nutrition azotée est aisée par suite de la minéralisation rapide de l'humus, qui donne naissance à des quantités suffisantes d'ammoniaque, et même, dans les conditions les plus favorables (à partir d'un pH 6 : Chênaie neutrophile), à de l'azote nitrique (Waksman [**227**], Mörk [**163**], Hesselman [**120**, **122**, etc.]) ; la nutrition en phosphore est assurée par les complexes phospho-humiques (Chaminade [**43** à **45**]). Enfin, la nutrition minérale s'effectue par échange, entre les radicelles et le complexe absorbant, d'autant plus facilement que les cations sont retenus peu énergiquement par les acidoïdes d'humus doux (Mattson et Karlsson [**161**]).

L'examen de l'enracinement des arbres, dans ces sols, confirme les bonnes conditions de la nutrition : les racines sont denses dans tout l'horizon A_2 ; elles pénètrent également dans l'horizon B lorsqu'il est

suffisamment meuble ; lorsqu'il est plus compact (enrichi en argile), les racines s'arrêtent à son contact. (Profil 1110, Planche I).

Les flores arbustive et herbacée traduisent ces conditions physiologiques favorables : les tissus sont riches en azote par rapport au carbone (rapport C/N faible). Dans la Chênaie neutrophile, les plantes d'humus neutre sont avant tout des nitratophiles ; les plantes d'humus doux elles-mêmes, quoique plus plastiques à ce point de vue, recherchent une bonne nutrition azotée, plutôt qu'un pH élevé ; *leur plasticité à l'égard du pH en est une preuve.*

Cet état d'équilibre entre la forêt et le sol est de stabilité très variable ; cette stabilité dépend essentiellement des trois groupes de facteurs fondamentaux du milieu, que nous examinerons ensuite : le climat, la roche-mère, les facteurs biotiques.

On peut affirmer que les éléments de l'association constituent, à l'égard de la stabilité de cet équilibre, un indice précieux : la présence d'éléments neutrophiles, qui dénote de bonnes conditions de nutrition, et l'existence d'une réserve abondante de cations, indique le maximum de stabilité.

La présence d'éléments d'humus doux, et parmi les arbres, de Charme dans le secteur ligérien, prouve également une faible tendance à la dégradation, mais la disparition de ces éléments traduit un équilibre précaire, facilement détruit si une circonstance défavorable se présente : à cet égard, le pH 5 constitue un seuil dangereux ; nous avons signalé que pour cette zone d'acidité, l'humus pouvait prendre rapidement les caractères d'un humus brut, sans modification appréciable du pH.

2° LA CHÊNAIE DÉGRADÉE

C'est, en général, une diminution de l'activité biologique, causée par une modification défavorable du milieu, qui est à l'origine de la rupture de cet équilibre précaire ; la couverture morte, se décomposant plus lentement, perd en partie ses bases (Mattson et Koutler-Anderson [**159**]), ce qui provoque la formation d'humus plus abondant et à rapport C/N plus élevé (12 à 15) ; la migration des complexes argilo-humiques s'accélère, ce qui appauvrit encore le complexe absorbant des horizons supérieurs (voir nos analyses du calcium échangeable des sols podzoliques 122, 123, 129, 1223) ; en même temps, le nombre de vers et, par conséquent, leur activité compensatrice, vont en décroissant.

A la suite de cette modification du sol, on observe non seulement

la disparition des espèces d'humus doux, mais surtout la multiplication d'espèces sociales, peu exigeantes au point de vue de la nutrition azotée et de la nutrition minérale, plantes que nous avons prises comme caractéristiques de cette phase: ce sont particulièrement *Pteris Aquilina, Deschampsia flexuosa* et *Vaccinium Myrtillus* (cette dernière dans le secteur armoricaïn); les mousses acidophiles forment souvent de vrais tapis.

Ces espèces sociales exercent à l'égard des semis des arbres une concurrence de plus en plus active; ce sont des espèces « destructives » de l'association forestière (Braun-Blanquet [31]); de plus, l'acidité superficielle, et la couche d'humus brut mal décomposé qui existe en surface, constituent un obstacle à la germination. Dans ces conditions, la régénération se fait mal, le remplacement des éléments âgés de la strate arborescente n'est plus assuré normalement, ce qui provoque son éclaircissement progressif.

3° LA LANDE A BRUYÈRES

Les trois conditions essentielles à l'installation des bruyères sont ainsi réalisées peu à peu; ce sont: la raréfaction de la strate arborescente provoquant une insolation plus intense, l'appauvrissement en bases des horizons supérieurs, et enfin la présence en surface d'une couche d'humus à décomposition lente: cette couche est à l'origine peu épaisse et cet humus présente les caractères intermédiaires entre l'humus doux et l'humus brut d'Ericacées (Bruyères) à grosses molécules. La lande à Bruyères encore jeune (Chênaie dégradée à bruyères) encore riche en espèces reliques de la Chênaie acidophile, peut se rencontrer sur sols podzoliques. Mais la vieille lande à bruyères s'observe, dans la majorité des cas, sur podzol. Les complexes lignine-protéine, à grosse molécule (rapport voisin de 20), fabriqués en abondance par les bruyères, provoquent l'éluviation chimique qui caractérise le stade podzol. Les seules exceptions concernent le cas où la nature de la roche-mère et de la topographie s'opposant au lessivage, le sol reste peu évolué (sol brun ou lessivé), malgré l'envahissement par la lande: nous reviendrons ultérieurement sur ces cas particuliers.

La nutrition des plantes devient de plus en plus médiocre, de sorte que seules les plantes les moins exigeantes peuvent vivre. Nous avons vu que la décomposition de l'humus est tellement lente, que la production d'ammoniaque devient à peu près nulle (1) (Hesselman [120],

(1) D'après les recherches les plus récentes, lorsque le rapport C/N des débris végétaux est très élevé (supérieur à 15), tout l'azote disponible est utilisé par

Mörk [163]); les mycorhizes sont bien moins abondants et moins actifs que dans les états antérieurs (Hesselman et Melin [123]; les complexes phospho-humiques ne peuvent se constituer à une acidité inférieure à 5 (Chaminade [43 à 45]). Enfin les horizons A_2 et B sont appauvris à l'extrême en bases échangeables, comme le montrent nos analyses de calcium échangeable (sols 136, 1315, 1321). Seuls, parfois, les horizons A_0 et A_1 en offrent une quantité notable (cf. analyses des sols 231, 235, 236, page 173), mais l'énergie de rétention des bases par les acidoïdes d'humus brut, particulièrement forts, inhibe leur absorption par les racines (Mattson et Karlsson [161]).

En ce qui concerne les arbres, quand ils existent (résineux plantés, très rares feuillus), leur nutrition est assurée de façon précaire: on n'observe jamais dans les podzols la présence de racines dans l'horizon A_2 cendreux; certaines très peu denses peuvent se trouver dans l'horizon B, seulement s'il est bien aéré et peu compact; la plus forte densité de racines s'observe dans les horizons humifères A_0 et A_1, les seuls où une nutrition minérale et azotée très médiocre est assurée (profils 136 et 231 - planches IV et VII). Cette observation, que nous avons faite dans tous les podzols étudiés, est conforme à celle de Bornebusch [28] au Danemark.

Si la vie des espèces feuillues adultes, semble extrêmement précaire sur les podzols, ce qui provoque l'arrêt de leur croissance et leur disparition plus ou moins rapide, leur régénération est absolument compromise: d'abord la concurrence des Ericacées est un grave obstacle, mais surtout, pour la plupart des espèces feuillues, la radicule ne parvient pas, lors de la germination, à traverser les couches humifères et acides des horizons A_0 et A_1, comme l'ont montré Suchting [212] et Oudin [172]. C'est un fait d'observation courante, de la part des forestiers, que la régénération dans les hêtraies acidophiles de montagne est aléatoire, et qu'on n'observe la présence de semis, que dans les zones où le sol minéral a été mis à nu (ornières - chemins).

La « couverture vivante » du sol de la lande est elle-même l'expression de la déficience des nutritions minérale et azotée: les tissus ligneux, pauvres en cendres, l'emportent sur les tissus cellulosiques; de plus, le rapport moyen C/N des tissus de bruyères, est particulièrement élevé, ce qui est la conséquence de la carence d'azote: la physionomie particulière des plantes de la lande traduit non pas une xéro-

les micro-organismes pour l'édification de leurs tissus vivants. Non seulement on n'observe aucune libération d'ammoniaque, mais encore l'azote pouvant provenir d'autres sources (azote atmosphérique fixé), est incorporé à l'humus, sous forme de composés complexes (Quastel [186], Waksman [226-227]).

philie plus ou moins marquée, comme plusieurs auteurs l'ont pensé. et qui serait difficile à expliquer, mais une véritable *carence azotée et minérale* (MOTHES [164], MATTSON et KOUTLER-ANDERSON [159], COMBES [54] (1).

Plus la lande à bruyères est ancienne, plus ses caractères s'affirment. Les dernières espèces, vestiges de l'ancienne Chênaie, disparaissent progressivement et peu à peu toute trace de l'association primitive s'efface. En même temps, le sol continue à se modifier, à évoluer et le podzol jeune fait place à un podzol âgé, dont les caractéristiques essentielles sont particulièrement accusées: la teneur en matière organique de l'horizon B, atteint alors son maximum et le rapport C/N tend également à augmenter en A_1.

A cet égard, la comparaison, dans le secteur armoricain des sols 231, 233, 235, 236, est significative; alors que le podzol 231 est encore jeune, comme en témoignent les nombreuses plantes reliques de la Chênaie qui existent dans l'association, les podzols 233 et 236 sont au contraire des sols âgés ayant terminé leur évolution. Il est très probable que la lande du Menez-Hom qui fait face aux vents d'Ouest particulièrement violents, est une lande primitive, qui n'a jamais été boisée (aucune espèce caractéristique de la Chênaie ne s'y rencontre); or le taux d'humus de l'horizon B est de 12 %, chiffre très proche de celui de 12,35 %, moyenne indiquée par WEIS [228-29]), comme caractéristique de l'horizon d'alios des landes primitives de l'Ouest du Jutland; le rapport C/N de A_1 atteint 20.

Au contraire, la teneur en humus de l'horizon B des sols 231 et 235 est beaucoup plus faible; de même que le rapport C/N de l'horizon A_1; il s'agit donc de landes jeunes ou d'âge moyen sur des sols qui n'ont pas terminé leur évolution.

Le tableau suivant résume la comparaison de ces types de sols et de landes:

(1) MOTHES attire l'attention sur la convergence de forme qui existe entre les espèces nitratophiles et les espèces hygrophiles, à tissus très vert et cellulosique; une convergence analogue s'observe entre les espèces des sols très acides et les espèces xérophiles, à tissus très ligneux, rigide, pauvre en protoplasme. De même MATTSON et KOUTLER-ANDERSON ont noté que les tissus des plantes d'humus acide, étaient relativement pauvres en acidoïdes, ce qui est aussi en relation avec un rapport C/N très élevé.

Il est intéressant de rapprocher cette constatation de celle que COMBES exprime ainsi: « Les plantes, comme conséquence de la présence de sucre dans leur milieu nutritif, acquièrent des caractères de xérophytes, même lorsqu'elles subissent l'action d'une atmosphère saturée d'eau ».

Numéro du profil	Plantes caractéristiques de la Chênaie	Type de lande	Matière organique en B_1	C/N A_1
—	—	—	—	—
231	6	Lande jeune	4 %	16,6
235	2	Lande d'âge moyen	6,4	16,3
233	1	Lande ancienne	10,2	
236	0	Lande primitive	12	20

V. — Influence des grands facteurs écologiques sur l'évolution régressive des sols et des associations

1° LE CLIMAT

Le climat joue dans le phénomène de la podzolisation, un rôle essentiel ; le facteur *eau* intervient en premier lieu, en favorisant le lessivage par le mouvement descendant des eaux d'infiltration ; à ce sujet nous avons signalé dans la première partie, que l'efficacité de la pluviosité totale dans les phénomènes de lessivage, dépendait du facteur évaporation ; celle-ci est elle-même d'autant plus forte que la température moyenne est élevée et que l'écart M — m est plus important (voir première partie, page 30). Le quotient pluviothermique est ainsi un précieux indice qui peut renseigner sur l'intensité du lessivage, en fonction de l'humidité du Climat : nous savons qu'il est particulièrement élevé en climat atlantique.

Mais la *température* intervient aussi directement ; plus la température moyenne et les minima hivernaux sont bas, plus lente est la décomposition de la matière organique : celle-ci s'accumule, perd une partie des cations par lessivage, et il se forme, en climat froid, une couche épaisse d'humus brut, qui, nous l'avons vu, pourra exercer à la fois une action mécanique et chimique sur le substratum ; ainsi la podzolisation pourra s'exercer en climat froid (boréal), même si le chiffre de la pluviosité reste faible. La valeur de m (moyenne des minima du mois le plus froid) sera à ce sujet une indication précieuse.

Enfin, il ne faut pas négliger l'action indirecte du climat, qui intéresse le sol, par l'intermédiaire de la végétation : c'est ainsi que les Ericacées (notamment les Bruyères) sont essentiellement des espèces *atlantiques*, favorisées par le climat humide et doux de l'Europe occidentale. Or, elles jouent, nous l'avons dit, un rôle important dans la

podzolisation sous ce climat. Par contre, leur action est à peu près nulle en climat plus continental, ou en climat boréal. RUBNER [199], précise que les Bruyères, abondantes en plein découvert dans l'Allemagne de l'Ouest, ne peuvent vivre que sous le couvert des résineux dans la Prusse Orientale: elles disparaissent si l'on procède à une coupe rase; même observation de HESSELMAN [120], qui constate que les Ericacées envahissent les coupes en Forêt Noire, alors que dans le Nord de la Suède, une coupe claire les élimine. MÜLLER [166], tient pour primitives les landes de l'Ouest du Jutland, et RUBNER pense qu'une étroite bande côtière de landes à Bruyères longeant la côte de l'Atlantique du Nord-Ouest peut également être considérée comme primitive. Ces faits doivent être notés, si on veut expliquer l'influence particulièrement active de la végétation sur la podzolization en climat atlantique.

a) *En France,* il nous a été possible de mettre en évidence l'importance du facteur humidité du climat, exprimé à l'aide du quotient pluviothermique, dans son influence sur l'évolution des sols et de la végétation. (Voir la carte hors texte).

C'est dans la Basse-Bretagne, à quotient pluviothermique très élevé (plus de 160) que la podzolisation s'effectue avec le maximum de rapidité: la quantité d'humus de type humus brut est considérable dans presque tous les sols, et cet humus intervient dans l'éluviation chimique, de façon beaucoup plus précoce que dans le secteur ligérien (sols podzoliques humiques). Dans le sous-secteur des Landes, la formation de l'alios semble être beaucoup plus rapide dans le département des Landes, que dans la Gironde, en raison du quotient pluviothermique nettement plus fort, surtout dans la zone Sud-Ouest. De même la quantité moyenne de matière organique de l'alios est plus élevée dans les sols des Landes que dans les sols de la Gironde.

Lorsque le quotient pluviothermique dépasse 160, il se produit fréquemment un phénomène digne de remarque: les Bruyères sont favorisées à tel point par le climat, qu'elles prennent possession du sol, après destruction de la forêt pour une cause biotique, avant même que le sol ait subi une modification quelconque et que son évolution soit entrée dans une phase nouvelle. Nous avons mentionné l'existence en Bretagne de telles landes jeunes (comprenant encore plusieurs espèces caractéristiques de la Chênaie) qui se sont installées très rapidement sur des sols dont l'évolution s'est trouvé ralentie ou même arrêtée pour une cause tenant à la nature de la roche-mère (schiste) ou de la topographie (pente forte).

Nous avons pu observer aussi de telles landes à Ericacées sur sol brun ou peu lessivé dans la Chalosse, au Sud de Dax et dans le Béarn (Q. pluviothermique 180 à 200). C'est ainsi qu'à Peyrehorade (route de Bidache, à 3 km. de Peyrehorade), le relevé suivant, sur un sol brun (rapport de podzolisation de l'argile 1,3, pH A_1 6,3), a pu être effectué :

Erica ciliaris	3 4	*Laserpitium pruthenicum Dufourianum*	+
E. cinerea	2 3	*Jasione montana*	+
E. tetralix	2 3	*Polygala vulgaris*	+
E. vagans	1 1	*Lobelia urens*	+
Calluna vulgaris	2 3	*Gentiana pneumonanthe*	+
Avena Thorei	2 3	*Betonica hirsuta*	+
Agrostis setacea	1 3	*Serratula tinctoria*	+
Molinia cærulea	2 3	*Centaurea Debauxii*	+
Ulex nanus	2 3	*Scabiosa succisa*	+
Ulex europæus	1 3		
Pteris Aquilina	2 3		

liste dans laquelle on reconnaît, à côté des Ericacées, plusieurs plantes reliques de la Chênaie.

Plusieurs relevés, très voisins de celui-ci, ont pu être faits, dans les Landes du Pont-Long, près de Momas, au nord de Pau, sur sol brun non lessivé.

Si on rapproche de ces landes à bruyères de Bretagne et des régions humides du Sud-Ouest, celles que nous avons observées sur sols très argileux peu lessivés dans le secteur ligérien (stations 1119 et 1120), on constate que ces dernières sont au contraire des landes humides à Molinie, très pauvres en Ericacées.

Si le climat atlantique favorise le développement des Ericacées, il convient aussi particulièrement à toutes les espèces exigeantes en eau : les types de Landes sont, en effet, d'autant plus hygrophiles, que le climat présente un caractère océanique plus accentué : nous avons déjà souligné la compensation qui apparaît dans les zones les plus humides (secteur armoricain) entre le drainage du sol et l'état hygrométrique de l'air. Il est possible de généraliser cette observation par le tableau XXVI, en l'appliquant aux trois secteurs que nous avons étudiés.

b) *A l'échelle européenne,* les comparaisons concernant les influences du climat sur l'évolution des sols donnent lieu à des conclusions plus probantes encore : schématiquement, on peut opposer, dans l'Europe moyenne et septentrionale, trois grands types de climats de plaine : le climat atlantique (type breton, de Martonne [**154**]), le climat continental (type polonais), le climat boréal (type sibérien).

TABLEAU XXVI. — TYPES DE LANDES EN LIAISON AVEC LE SOL ET LE CLIMAT

Humidité croissante du sol →

Humidité croissante du climat ↑

Secteurs	Podz. humo-ferrugineux	Podz. humique sans alios	Podz. humique à alios	Podz. à Gley ou à faible accumulation en B
Sect. ligérien	Lande sèche (*Calluna vulgaris, Erica cinerea*)	Lande sèche (id.)	Lande sèche (id.)	Lande humide (*Calluna vulgaris, Molinia cærulea*)
Secteur des Landes	Lande sèche (id.)	Lande sèche évoluant vers L. humide	Lande humide (*Erica Scoparia, Molinia cærulea*)	Lande très humide (*Erica tetralix*)
Secteur armoricain	Lande mésophile (à éléments de L. humide) (*Erica ciliaris, Calluna vulgaris*)	L. humide	Lande très humide (*Erica tetralix*)	Lande très humide (id.)

Le climat continental est sans aucune doute peu favorable à la podzolisation (1).Plusieurs auteurs l'ont constaté; en Prusse Orientale, sous les forêts de Pin sylvestre, on ne note qu'un lessivage réduit (RÜBNER [199]). HOLLSTEIN [125], signale que les dunes âgées de la côte de l'Est de Danzig une régression des podzols qui évoluent vers un type de sol peu lessivé, à la suite du remplacement des Ericacées par une pelouse à *Deschampsia flexuosa:* rien de tel n'a jamais pu être observé dans les Landes atlantiques.

Dans la plaine suisse elle-même, la véritable lande à Ericacées est inexistante, et sur les moraines les plus pauvres, on n'observe qu'un sol de type faiblement podzolique (ETTER [82]).

Les deux types de climat réellement favorables à la formation des podzols sont alors le climat boréal et le climat atlantique. Mais ils semblent donner lieu à des phénomènes d'évolution du sol très différents.

En climat boréal (Russie septentrionale, Finlande, Suède), d'après les travaux de AALTONEN [1 à 3] pour la Finlande, les colloïdes humiques ne semblent jouer qu'un rôle peu important :leur accumulation en B reste faible; les profils sont superficiels. L'auteur constate une décroissance de l'acidité, au fur et à mesure que le sol vieillit et se podzolise: ces faits contrastent avec ceux qui ont été observés dans le domaine atlantique. De plus, en climat boréal, la podzolisation semble être *un phénomène général relativement indépendant de la végétation. et à progression lente.*

En climat atlantique, au contraire, en Irlande, en Allemagne du Nord-Ouest, dans le Jutland, le long des côtes Sud de Norvège et en Scanie, les phénomènes sont bien différents. La podzolisation est rapide et localisée: elle dépend avant tout de la végétation et de ses modifications imposées par l'homme, la formation des podzols ne se produisant pas en forêt feuillue, mais ayant lieu uniquement sous les résineux et dans les landes à Ericacées: c'est ce que constate TAMM [215] pour la Scanie, qu'il oppose à ce sujet à la Suède du Nord. De même ALBERT [8], RÜBNER [199], insistent sur ce qu'ils appellent « Bo-

(1) Il ne nous a pas été possible de comparer à l'aide de chiffres et de formules le climat atlantique et le climat continental: trop de facteurs diffèrent, qui ont tous leur importance et ne peuvent être condensés dans des formules simples. Il faudrait faire intervenir, outre le quotient pluviothermique, les moyennes des minima, l'état hygrométrique, et enfin la répartition des pluies qui sont surtout estivales dans les climats continentaux: ce dernier facteur est particulièrement important, car les pluies d'été n'exercent qu'une faible action sur la podzolisation en raison de l'évaporation compensatrice, particulièrement intense en cette saison.

denerkrankung », c'est-à-dire une podzolisation très rapide du sol, uniquement sous les peuplements de résineux dans l'Allemagne de l'Ouest, s'effectuant en 2 ou 3 générations, alors qu'on n'observe rien de tel dans l'Allemagne Orientale.

La Suède offre à ce sujet un intérêt tout spécial, et son échelle de climat très variée est favorable à une étude plus détaillée: la Suède du Nord présente un climat boréal très voisin de celui de la Finlande; la Suède du Sud, notamment la côte Ouest de la Scanie, entre Göteborg et Lund est caractérisée par un climat nettement océanique, comme en témoignent les colonies d'espèces atlantiques (*Scilla verna, Erica cinerea, Erica tetralix, Agrostis setacea, Sedum anglicum, Narthecium ossifragum,* etc.), qui constituent la pointe extrême de l'irradiation scandinave de ces éléments vers l'Est (BRAUN-BLANQUET [30]).

Or, en Suède du Nord (1), le processus de la podzolisation, lent et généralisé, est du type boréal, comme en Finlande. En Suède moyenne, il offre le même caractère, mais il est plus lent et un peu moins poussé. Au contraire, en Scanie, et en particulier en certaines stations à forte pluviosité (Vra-Esmared, 1.200 mm.), il appartient au type atlantique: les sols sous feuillus restent du type brun et les podzols ne prennent naissance que sous les forêts résineuses et dans les Landes à Bruyères qui ont pris la place d'anciennes forêts feuillues (2).

Il nous a paru intéressant de comparer les principales caractéristiques climatiques de ces différentes régions avec celles de certaines stations françaises. Nous avons calculé un quotient pluviothermique « rectifié » en décalant de 20° l'origine des températures, afin d'éviter les températures négatives, ce qui fausserait les comparaisons.

Il est intéressant de constater que Gallivere, dans l'extrême Nord suédois, donne ainsi un quotient de 28,8, analogue à celui d'Avignon. Si le climat est froid (m = — 17°8), il est donc *sec.*

Dans la Suède moyenne, Särna (62° lot Nord), a pour quotient 36,1, à peine inférieur à celui de Paris, alors que m = — 16°6.

Au contraire, le quotient des zones les plus humides de la Scanie, Vra-Esmared (57° lat. Nord), atteint 88, chiffre supérieur à celui de Quimper (76,7), alors que m n'est que de — 4°.

(1) Les renseignements qui suivent, ainsi que les indications météorologiques qui proviennent des mesures effectuées par l'office de météorologie suédois, nous ont été aimablement communiqués par M. le Professeur O. TAMM de Stockholm.

(2) A propos de cette région de Vra-Esmared, voici ce qu'en dit le Professeur O. TAMM: « Un grand nombre de Chênaies et de Hêtraies couvraient autrefois les sols morainiques qui sont maintenant envahis par la Callune » .(Renseignements inédits).

Les résultats d'ensemble de cette comparaison sont réunis dans le tableau suivant :

Stations	Lat.	Pluv.	m	Q. rectifié	Flore	Podzolisation
Gallivere	67°	462 mm	— 17,8	28,8	boréale	lente, généralisée
Haparanda	66°	532	— 15,9	32,7	»	»
Stensele	65°	503	— 17,2	34,8	»	»
Särna	63°	560	— 16,6	36,1	»	»
Uppsala	60°	544	— 7,3	33,4	»	»
Goteborg*	58°	738	— 2,9	55,7	éléments atlantiques	liée à la végétation
Lund*	56°	616	— 2,9	41,8	»	»
Vra-Esmared* .	57°	1200	— 4	88	»	id. ; rapide

* Côte Ouest.

A titre de comparaison, nous indiquons ci-dessous les caractéristiques climatiques correspondantes (quotient pluviothermique rectifié et m) de quelques stations françaises :

	m	Q. (rectifié)
Cherbourg	4,2	95
Quimper	2,7	76,7
Nantes	2,3	54,8
Paris	0,8	38,9
Avignon	0,9	28,6
Toulouse	1,3	37
Nancy	— 1,7	47

L'examen de ces chiffres est significatif : il montre que la podzolisation, lorsqu'elle est due à un climat froid mais sec, est un phénomène très différent de l'évolution du sol en climat humide, mais doux. Dans le second cas, l'éluviation ne peut s'exercer que par l'intermédiaire d'une végétation particulière génératrice d'humus acide : c'est bien ce que nous avons constaté dans le domaine atlantique français.

2° LA ROCHE-MERE

La roche-mère présente une importance toute particulière, en ce qui concerne la stabilité plus ou moins grande des sols et des associations forestières en climat atlantique.

Nous devons mettre à part le cas des roches-mères calcaires pour lesquelles toute évolution du sol est arrêtée ou au moins ralentie, du fait de la réserve considérable en ions calcium, permettant une saturation immédiate et complète des éléments du complexe absorbant : nous ne les avons d'ailleurs pas étudiées.

Pour les autres catégories de roches-mères, trois éléments jouent un rôle essentiel : d'abord la *perméabilité,* permettant l'infiltration plus ou moins aisée des eaux de pluies ; cette infiltration dépend de divers facteurs et peut être freinée soit par suite d'une grande abondance de colloïdes argileux, soit par la présence d'un substratum dur et imperméable (schistes), soit par l'existence d'une nappe d'eau proche de la surface ; ensuite la *richesse en argile* qui n'est pas toujours en liaison immédiate avec la perméabilité ; enfin la *teneur en bases échangeables* du complexe absorbant.

Suivant les variations de ces trois facteurs, il est possible d'envisager quatre cas, en schématisant quelque peu.

a) *Roche-mère imperméable compacte* (schistes et argiles)

Le sol présente une stabilité maxima, et tout lessivage est presque complètement arrêté, comme nous l'avons indiqué à différentes reprises. En effet, lorsque le sol est horizontal, l'infiltration ne peut s'effectuer, et un plan d'eau temporaire voisin de la surface se constitue, ce qui inhibe tout lessivage ; lorsque le sol est en pente, des phénomènes de rajeunissement par érosion interviennent également (schistes bretons), qui empêchent son évolution normale.

Quant à l'association forestière, elle ne peut être stable en de telles stations, que si le drainage est assuré pour une cause ou pour une autre (fossé, pente). Elle devient instable par suite du danger de la remontée de la nappe d'eau en période humide (voir deuxième partie, chapitre premier), si aucun drainage n'a lieu ; l'association forestière, nous l'avons vu, peut alors faire place à une lande humide à Molinie d'un type spécial (Stations 1119, 1120). C'est aussi sur ce type de roche-mère qu'on peut observer, en climat très humide, les landes à Ericacées sur sol brun lessivé, dont il a été question dans le paragraphe précédent (landes sur schistes en Bretagne).

b) *Roche-mère riche en colloïdes argileux et assez perméable*

C'est le cas des roches-mères, qui, malgré une teneur élevée en argile, sont malgré tout assez filtrantes pour permettre un bon écoulement des précipitations, tout en gardant certaines réserves d'eau; ces conditions sont réalisées lorsque des sols argileux sont assez riches en cailloux ou en sable grossier pour assurer un drainage satisfaisant, ou lorsqu'ils présentent une structure en fins grumeaux, la plus grande partie de l'eau pouvant circuler dans les canaux entre les grumeaux, ou autour des éléments grossiers, sans provoquer de lessivage (Etter [82]). L'activité des animaux, et en particulier des annélides, est essentielle pour assurer une structure meuble et aérée, conférant au sol une bonne stabilité.

Ces conditions sont en effet les meilleures au point de vue de l'équilibre de la forêt et du sol. L'association forestière est d'autant plus stable, et l'activité biologique risque d'autant moins d'être réduite que la richesse en calcium échangeable est plus élevée. Mais, nous avons déjà constaté que si la roche-mère est suffisamment perméable à l'origine, la richesse en bases échangeables n'empêche pas l'éluviation mécanique d'avoir lieu; il peut alors se constituer un horizon illuvial compact qui freine tout lessivage et un nouvel équilibre apparaît, l'éluviation chimique ne se produisant pas (secteur ligérien: chênaie claire en sol humide).

c) *Roche-mère assez riche en colloïdes argileux, mais très perméable*

C'est le cas des argiles à silex, en stations très bien drainées (pentes) et lorsque la richesse en graviers et éléments grossiers devient excessive.

Les éléments du complexe absorbant ne tardent pas à être entraînés mécaniquement; les sols montrent une forte tendance à se podzoliser en même temps que les associations forestières ne tardent pas à se dégrader.

d) *Roche-mère pauvre en argile et très perméable*

C'est évidemment le cas le plus défavorable, d'autant plus que de telles roches-mères sont nécessairement pauvres en bases échangeables. Les sols et les associations présentent, dans ces conditions, une extrême instabilité; on n'observe que rarement la chênaie en bon état sur un sol seulement lessivé. En général, on ne trouve sur ces types de roches-mères que des forêts dégradées à sols podzoliques, ou des

landes sur podzols ; c'est le cas des sols sableux (Landes, secteur ligérien) et des grès du secteur armoricain.

Il est possible de résumer ces considérations par le tableau suivant :

Type géologique :	Schistes et argiles compacts	Argiles à silex certains sols granitiques	Argiles sableuses ou caillouteuses	Sables et Grès
—	—	—	—	—
Richesse en argile .	élevée	assez forte	moyenne	faible
Perméabilité	faible	moyenne	forte	forte
Associations	instable (en station non drainée)	stable	instable	très instable
Sols	très stable	stable	instable	très instable

3° LE FACTEUR HUMAIN

Pour beaucoup d'auteurs, l'homme est le seul responsable de la dégradation des associations forestières en climat atlantique, provoquant par son action destructive, le départ de série régressives (subsères) d'associations, entraînant à leur tour l'évolution des sols.

Avant d'aborder l'étude de cette action destructive, il importe de signaler quelques cas où l'intervention humaine se montre favorable ; nous nous bornons à mentionner ici le rôle essentiel et parfois délicat du sylviculteur qui parvient souvent à sauvegarder l'équilibre de la forêt dans des circonstances très défavorables et à réussir des régénérations naturelles, donc à assurer le remplacement d'un vieux peuplement par un jeune, dans des conditions qui rendent cette substitution particulièrement aléatoire ; le traitement en futaie est évidemment le plus favorable au maintien de l'équilibre de la forêt, puisque c'est celui qui se rapproche le plus des conditions naturelles. Pourtant, il faut signaler qu'exceptionnellement, le traitement en taillis peut se montrer favorable pour le maintien de l'état boisé, précisément lorsque, par suite d'une acidification superficielle du sol, la régénération naturelle est rendue particulièrement difficile ; c'est par ce mode de multiplication végétative que le Charme a pu être maintenu sur certains sols podzoliques du secteur ligérien qui lui sont nettement défavorables. C'est aussi grâce au traitement en taillis, que la forêt a pu subsister, sur certaines crêtes gréseuses de la forêt d'Ecouves (deuxième partie, chapitre II).

La même observation peut être faite, en ce qui concerne les incendies. Alors que dans la grande majorité des cas, les incendies exercent une action nuisible par la destruction de la couverture morte qu'ils occasionnent, ils peuvent, au contraire, dans quelques cas particuliers, permettre une régénération sinon naturelle, tout au moins artificielle, grâce à la combustion de l'épaisse couche d'humus acide qui recouvre certains sols très podzolisés.

Si l'on met à part ces quelques exceptions, l'influence de l'homme et spécialement celle qui s'est exercée, au cours des périodes historiques, avant l'avènement d'une sylviculture rationnelle, a eu des conséquences non seulement nuisibles, mais parfois désastreuses pour la forêt : c'est surtout sur ce rôle destructeur que nous allons insister. C'est essentiellement par les coupes claires et abusives ou trop fréquentes, par les incendies et enfin par le pâturage en forêt que s'exerce cette action : l'effet est donc toujours une dénudation du sol, accompagnée d'une augmentation considérable de l'insolation.

Comme nous l'avons indiqué, le résultat est différent suivant les cas : il se traduit d'abord par une évolution immédiate favorable à l'activité biologique, suivie très souvent, au contraire, par une période de décroissance rapide de la vitalité des microorganismes.

L'effet immédiat de la dénudation, complète ou partielle, des sols forestiers, est donc un coup de fouet donné à l'activité bactérienne, qui s'observe *sur tous les types de sols*. Le pH remonte, la quantité de matière organique décroît en surface par suite d'une minéralisation rapide de l'humus, et même, dans beaucoup de cas, une certaine nitrification se produit : des espèces nitratophiles s'installent.

Cette phase de l'évolution des sols après les coupes, est la seule qu'on puisse observer, si les conditions de climat et de roche-mère sont assez favorables pour assurer au milieu forestier sa stabilité ; rapidement, les semis se réinstallent, et la forêt retrouve son état primitif.

Il n'en est pas de même dans les cas d'équilibre instable (dû soit à une cause climatique, soit à la roche-mère) que nous avons signalés précédemment : A cette phase favorable, succède alors une période de diminution de l'activité bactérienne, correspondant à un tassement du sol (Burger [37]), ce qui provoque l'acidification superficielle de l'humus, bientôt suivie d'une recrudescence des phénomènes de lessivage : si la régénération naturelle de la forêt n'a pas lieu rapidement, les Ericacées ne tardent pas à apparaître sur le parterre de la coupe.

Ces deux phases successives de l'évolution des sols forestiers après les coupes, ont été nettement mises en évidence par Olsen [170] et par

LEMÉE [144] ; ce dernier a insisté sur le fait que la seconde phase, celle de l'acidification du sol, ne se produisait que sur les sols sableux pauvres, alors que sur les sols riches (schistes et marnes), on n'observait que la phase d'adoucissement de l'humus.

Cette constatation est particulièrement importante : elle montre que l'effet de la destruction de l'association forestière par l'homme est très différent suivant les cas : celle-ci se reconstitue aisément, si le sol est en équilibre suffisamment stable ; au contraire, elle ne se réinstalle que lentement dans le cas où les conditions écologiques lui sont défavorables, c'est-à-dire en climat très humide (Basse-Bretagne), sur une roche-mère très filtrante et pauvre en colloïdes. Une forêt claire, de type dégradé, remplace alors la forêt dense primitive ; en même temps, la podzolisation du sol progresse et ces phénomènes sont naturellement d'autant plus intenses que la cause de destruction primitive (par exemple le pâturage ou l'incendie), se répète plus fréquemment.

Faut-il en conclure que les actions biotiques et humaines sont la cause unique de l'apparition des landes, en climat atlantique ? Il semble que ces facteurs ne jouent un rôle que dans le déclanchement, ou dans l'accélération d'un processus qui, dans bien des cas, pourrait se produire naturellement, quoique d'une manière certainement plus lente et plus progressive ; les causes profondes, les causes véritables sont évidemment les autres facteurs du milieu : l'humidité du climat, qui en Basse-Bretagne et dans le Pays Basque permet à la lande à Ericacées de s'installer rapidement sur les sols dénudés, alors même qu'ils sont encore très peu lessivés ; également la nature de la roche-mère, qui lorsqu'elle est très filtrante, pauvre en argile et en éléments échangeables, confère à la forêt un équilibre instable qui se détruit à la première occasion.

Pour s'en persuader, il suffit de constater que l'intervention de ces facteurs biotiques et humains, donne lieu à des phénomènes tout à fait différents, voire opposés, sous d'autres climats que le climat atlantique ; les exemples en sont nombreux : HESSELMAN [120], montre l'effet favorable des coupes rases en climat boréal (Suède) ; celles-ci sont en effet suivies d'une disparition complète de la couche d'humus acide et des Ericacées. D'après les travaux de ETTER [82], la dégradation des forêts, sur le plateau suisse, ne dépasse pas le stade du *Querceto-Betuletum* et même sur les moraines les plus pauvres, elle n'atteint jamais le stade de lande à Ericacées. Enfin, dans la plaine du Saint-Laurent au Canada, caractérisée par un climat continental typique, d'après DANSEREAU [58, 59], la modification de l'association primitive

du fait de l'homme, est limitée : celle-ci reste une Erablière (*Aceretum Saccharophari*), qui, même après les coupes violentes qui caractérisent ce pays, subit seulement une modification temporaire de la composition phytosociologique primitive (disclimax) et ne tarde pas à évoluer rapidement à nouveau vers l'association climacique.

Ces exemples montrent la différence profonde qui sépare la forêt boréale, et continentale, en équilibre parfaitement stable, malgré les diverses causes perturbatrices, et la forêt atlantique qui montre toujours une tendance marquée à évoluer vers la lande.

Ainsi donc, l'action humaine ne peut être considérée que comme une *cause occasionnelle*, provoquant le déclenchement de la double évolution régressive des associations et des sols forestiers ; c'est aussi une *cause accélératrice* quand cette évolution est déjà commencée ; mais ce n'est jamais la cause profonde, qui, elle, est liée aux autres facteurs du milieu, en particulier climat et roche-mère.

Sans compter que l'homme est un élément important du milieu, dont on ne peut faire abstraction, il est parfaitement possible d'imaginer l'intervention d'autres causes occasionnelles, incontestablement naturelles, qui ne manqueraient pas d'intervenir, en son absence, quoique de façon plus lente et moins brutale ; citons par exemple les cas de trouées de chablis provoquées par les tempêtes, les incendies allumés par la foudre, et enfin la destruction de régénérations qui peut être due à une pullulation locale du gibier. Le rôle des incendies provoqués par la foudre, en particulier, dans les forêts vierges, est loin d'être négligeable. Si le phénomène est rare, lorsqu'il se produit, il a des effets destructeurs d'autant plus terribles que la forêt vierge, avec ses multiples arbres morts, lui offre un aliment particulièrement favorable : c'est à un immense incendie d'époque précoloniale, que les botanistes canadiens attribuent, en effet, l'existence des vastes forêts d'âge uniforme de *Pseudotsuga Douglasii* (1) de la côte occidentale de Colombie britannique. On imagine quelles pourraient être les conséquences d'un tel incendie en climat atlantique.

(1) Frère Marie-Victorin : renseignement inédit.

CHAPITRE II

L'ÉVOLUTION PROGRESSIVE DES ASSOCIATIONS ET DES SOLS EN CLIMAT ATLANTIQUE

Il résulte de l'étude de l'évolution régressive des associations forestières, que le terme de cette évolution est en général, en climat atlantique, une *Lande,* mais la nature de cette lande, et surtout celle du sol qui la supporte, est très différente suivant les cas. On peut se trouver en présence d'une lande sur sol brun ou lessivé, à la suite d'une destruction de la forêt par l'homme. Dans le secteur ligérien, il s'agit dans ce cas d'une lande humide, pauvre en bruyères, qui occupe le sol à la suite d'une remontée de la nappe d'eau. Dans le secteur armoricain au contraire, c'est une lande à Ericacées qui envahit les sols peu évolués sur schistes. Lorsque l'évolution régressive est seulement accélérée par l'homme et que, par conséquent, la lande est d'origine récente, celle-ci se trouve sur un sol podzolique. Enfin les vieilles landes constituent l'association caractéristique des Podzols. Il est évident que le problème de l'évolution progressive de ces associations, et de reconstitution des associations forestières, se pose différemment suivant qu'il s'agit de l'un ou de l'autre de ces sols. Nous envisagerons donc les trois cas successivement, en commençant cette fois par l'étude de l'évolution des associations, qui précède toujours celle des sols.

I. — L'évolution progressive des associations

Le point de départ d'une telle évolution, consiste toujours dans la *reconstitution d'un couvert:* l'ombre est en effet nécessaire pour la régression des Ericacées, l'absorption d'eau par les racines des arbres, permet l'abaissement du plan d'eau, et enfin l'humus des essences feuillues favorise l'activation de la vitalité des organismes vivants du sol; il est donc nécessaire que des semis d'essences forestières, de préférence d'essences feuillues, puissent naître sur le sol de la lande. Nous

avons vu que c'était possible, même aisé parfois sur les sols bruns, déjà plus difficile sur les sols podzoliques, et enfin presque impossible sur podzol.

En général, l'essence feuillue qui s'installe la première, n'est pas toujours l'essence définitive, en l'espèce un des chênes. Le plus souvent c'est une espèce pionnier, très frugale, supportant l'acidité, mais mal la concurrence vitale, qui s'installe dans les « places vides », quitte à céder ensuite la place à l'espèce dominante de la forêt climacique, quand le sol s'est amélioré. Il s'agit donc d'essences *transitoires* telles que les bouleaux et les aunes. L'homme utilise de préférence les résineux, et en particulier diverses espèces de Pins, qui grâce à leur extrême plasticité, peuvent jouer le rôle d'essence transitoire, en facilitant, dans bien des cas, la réinstallation des feuillus ; l'homme joue, là encore, un rôle accélérateur de l'évolution progressive, comme il a déjà accéléré l'évolution régressive. Grâce aux efforts des sylviculteurs, la forêt se reconstitue assez rapidement sur des sols, où sa réinstallation naturelle serait très lente.

1° L'ÉVOLUTION PROGRESSIVE SUR SOLS BRUNS LESSIVÉS

Cette évolution se ferait naturellement sans difficulté, si la cause qui a provoqué la régression ne se renouvelait constamment, empêchant ainsi toute réinstallation d'espèce feuillue : c'est le cas de la pratique de « l'étrépage » sur les landes sur schistes en Bretagne, du « soutrage » dans les landes de Gascogne, du fauchage régulier de la « thouya » béarnaise, enfin de l'abus du pâturage sur tous les types de landes.

Mais dans les stations bien drainées, on constate une réinstallation rapide des espèces forestières dans toutes les zones mises en défens, lorsque des porte-graines existent à proximité : c'est ce qu'on observe en Bretagne dans les zones rocheuses ou peu accessibles, où l'étrepage n'est plus pratiqué.

Dans les stations mal drainées (sols lessivés à Gley du bassin parisien), la réinstallation de la forêt est plus lente, plus aléatoire : la remontée du plan d'eau crée, en effet, comme nous l'avons dit dans la deuxième partie, des conditions *physiques* (mais non *pédologiques*) défavorables à la vie des arbres, surtout en raison du danger d'asphyxie des racines en hiver, et de dessication de la couche superficielle du sol (où elles sont localisées) en été. Les essences pionniers colonisatrices sont alors des espèces pouvant résister à ces conditions très défavorables, alternativement excès d'humidité et excès de sécheresse,

le plus souvent les Aunes. Ce n'est que lorsque les Aunes ont créé à nouveau une ambiance forestière, notamment en causant la disparition de la Molinie, que la Chênaie peut se reconstituer. Mais, le plus souvent, sans l'intervention de l'homme, un faux équilibre, association à Molinie sur sol brun lessivé à Gley, subsisterait longtemps.

2° L'ÉVOLUTION PROGRESSIVE SUR SOL PODZOLIQUE

Le point de départ est une lande jeune, ou une forêt dégradée. La reconstitution du couvert peut s'effectuer soit naturellement par colonisation par les bouleaux, soit artificiellement par suite de la plantation, le plus souvent, de pins (1). Si le couvert est assez dense, les Ericacées deviennent de plus en plus chétives, et cèdent la place aux espèces sociales de la Chênaie dégradée, plus plastiques au sujet de l'exigeance en lumière. Ce sont *Pteris Aquilina, Deschampsia flexuosa, Vaccinium Myrtillus,* cette dernière espèce dans le massif armoricain. En même temps que le couvert croît et que le sol s'assèche, les semis de feuillus, Chêne pédonculé dans les stades les plus clairs, Chêne rouvre dans les stades plus denses, se multiplient.

On aboutit finalement à la reconstitution d'une Chênaie acidophile où dominent fréquemment les mousses acidophiles, par suite de la diminution de la lumière et de l'assèchement superficiel. C'est la Chênaie à mousse bretonne, ou la Chênaie à mousse des sols pauvres et secs du secteur ligérien.

Nous avons signalé de nombreux exemples de ce retour à la forêt sur des sols qui étaient encore du type podzolique : rappelons la station 1223 en forêt d'Orléans, où les semis de Chêne s'installent en abondance au pied de bouquets de semis naturels de pins sylvestres ; la station 128, en forêt de Blois, où l'emploi du pin sylvestre comme essence transitoire aujourd'hui enlevée, a permis la réinstallation d'un beau perchis de Chêne rouvre. Enfin, dans les Landes, la régression d'une lande à *Erica Scoparia,* grâce à un sous-étage de *Betula pubescens* d'ailleurs introduit, a été constatée dans la station 3210. En même temps, l'association presque complète de la Chênaie acidophile s'est trouvée reconstituée.

Il ressort de ces exemples, que les diverses espèces de Pins peuvent exercer un rôle incontestablement favorable, au début, dans cette évolution progressive. Mais ce rôle est de courte durée, et se termine dès que la forêt feuillue et sa flore se sont réinstallées sous le cou-

(1) Les pins sont utilisés dans la grande majorité des cas, bien que d'autres essences soient à recommander de préférence. (Voir Appendice, page 311).

vert. Nous avons insisté en effet, à plusieurs reprises, sur les propriétés acidifiantes de l'humus des Pins et sur la rapidité de la podzolisation qu'il occasionne, si celle-ci n'est pas freinée par la présence d'un sous-étage dense de feuillus.

Le retour à l'association primitive de la Chênaie acidophile, ne s'effectue donc de façon complète et rapide que si les éléments feuillus, *les seuls qui soient susceptibles de provoquer par leur humus une évolution progressive du sol,* se réinstallent densément sous le couvert des résineux (Station 3210).

3° L'ÉVOLUTION PROGRESSIVE SUR PODZOLS

La germination des graines des essences feuillues étant, comme nous l'avons dit, rendue très aléatoire par la présence de couches d'humus acide superficielles, aucune réinstallation naturelle de feuillus ne peut normalement avoir lieu sur les podzols âgés. Si la germination se produit malgré tout, le jeune semis ne tarde pas à dépérir quand la radicule atteint l'horizon A_2 trop pauvre pour assurer sa nutrition. C'est ce que nous avons constaté à maintes reprises, notamment dans la station 1323, en Sologne, où nous avons pu noter la présence de jeunes bouleaux secs à leur extrémité.

Par contre, certains résineux très acidophiles peuvent, dans certains cas, les moins défavorables, se régénérer sur podzols. Citons le cas des landes de Lessay (sol 239) où de nombreux semis naturels de pins maritimes sont présents. Mais, la plupart du temps, la *régénération naturelle des Pins elle-même est compromise.* Il suffit de citer le cas des Landes de Gascogne. Si la régénération naturelle du Pin maritime s'effectue aisément sur les sols de vieille dune et sur les sols podzoliques à Fougère, elle semble ne jamais réussir sur les sols de vieille lande, en particulier les podzols à alios. On pratique en général une régénération artificielle par semis, après écroûtage superficiel de la couche humique. Il est à noter que cette régénération artificielle du Pin maritime dans les Landes s'avère comme de plus en plus délicate.

Comme les essences feuillues ne se resèment pas naturellement sous les peuplements de pins, sur les podzols, le sol ne subit aucune amélioration, bien au contraire : le pin ne fait par ses débris acides qu'aider les bruyères dans leur action sur le lessivage du sol. Nous avons toujours constaté que sous les peuplements de Pins sylvestres, en particulier, le pH était inférieur à celui des Landes à Callune. La couche d'humus A_0 est normalement plus épaisse, et le degré de podzolisation

est plus avancé; par contre, le Pin maritime semble être moins acidifiant que le sylvestre.

Dans ces conditions, il est évident que dans les rares cas où l'on peut observer une amorce de retour en arrière des associations, celle-ci est due uniquement à l'ombre du couvert, et à l'abaissement du plan d'eau par les racines; ce début d'évolution progressive, qui se limite

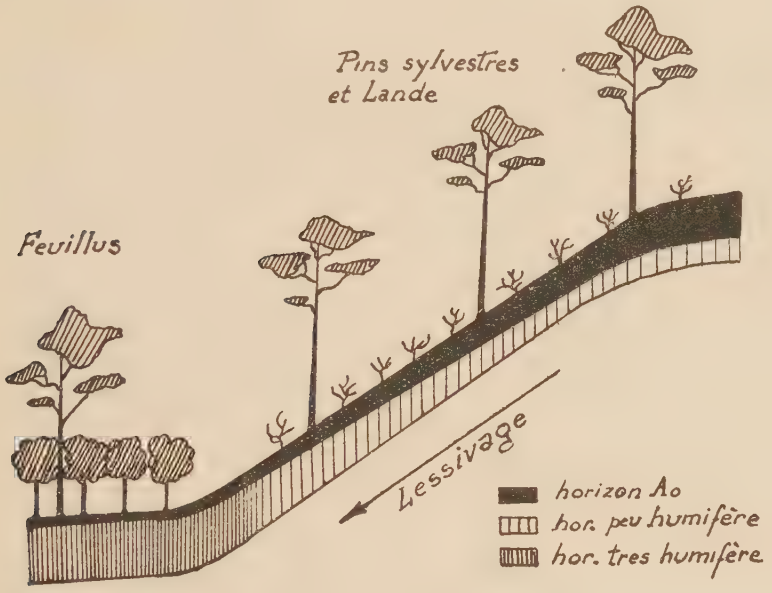


FIG. 29

Schéma de l'évolution des sols sur pente gréseuse (Fontainebleau).

à la raréfaction des Ericacées, à l'apparition de quelques pieds des caractéristiques de Chênaie dégradée, et surtout à la constitution d'un tapis plus ou moins complet de mousse acidophile (cf. podzols N° 136 et 137 dans le secteur ligérien), est toujours sans lendemain.

Ajoutons que le plus souvent, si le peuplement de pins est clair, et le climat très lumineux, comme c'est le cas dans le Sud-Ouest, la lande primitive subsiste intégralement sous son couvert, presque sans aucune modification: il y a seulement superposition d'un peuplement d'origine artificielle sur une association naturelle; on ne constate donc aucun début d'évolution progressive.

Le cas du sol 1320, en forêt de Fontainebleau, où nous avons noté (page 112), la présence d'une jeune forêt feuillue sur un podzol humique sans alios, mérite qu'on s'y arrête. Nous avons constaté que ce sol, qui est dans un fond, est beaucoup plus riche en humus que les sols des pentes, entre les blocs de grès qui dominent ces zones basses (Station 1319). Or si les feuillus se sont installés en abondance, dans la dépression au pied de la pente sableuse, on n'observe au contraire aucun semis feuillu sous les pins qui ont été plantés le long des pentes.

L'explication de ce phénomène est claire si l'on fait intervenir la notion de lessivage oblique (figure 29). On peut admettre que la réinstallation des feuillus dans la partie basse, a eu lieu lorsque le sol était encore de type seulement podzolique : cette station était fraîche et bénéficiait de l'apport d'argile et de sels minéraux venant de la pente, station au contraire beaucoup plus sèche, donc nettement défavorable à la croissance de jeunes semis.

Mais le sol 1320 se serait ensuite transformé en podzol humique (d'ailleurs encore jeune) sous l'influence de l'humus acide de Pin, migrant le long de la pente voisine, et venant s'accumuler en contrebas. Par conséquent, cet enrichissement considérable en colloïdes humiques ne se serait produit *qu'après la réinstallation du feuillu.*

La simple comparaison des analyses des deux sols permet la justification de cette thèse :

			pH	Argile	Humus
Pente:	Station 1319	A_1	4,7	1,5	2,3
		B_1	5	2,2	1,9
Bas de la pente:	Station 1320	A_1	3,9	6,2	13,2
		B_1	3,9	2,8	5,6

Les observations des auteurs étrangers qui ont étudié la question du reboisement des Landes atlantiques ont abouti à des conclusions analogues aux nôtres, parfois plus pessimistes encore : Gron [107], signale que dans les Landes de l'Ouest du Jutland, les essais de reboisements en Epicéa ont échoué ; l'Epicéa n'a pu vivre sur de tels sols qu'en mélange avec le pin de montagne (*Pinus montana uncinata*) qui, par ses mycorhizes, lui permettait une meilleure nutrition azotée.

En Irlande, sur des sols d'alios compacts, d'après Wittich [231], toutes les essences essayées ont succombé à l'asphyxie des racines, sauf un résineux originaire de l'Ouest du Canada : *Pinus Murrayana.*

Cependant, OPPERMANN et BORNEBUSCH [171], ont tenté dans les landes du Jutland des expériences qui semblent avoir donné des résultats plus favorables : ces deux observateurs ont mis en défens 350 ha de terres (surtout de landes) dans le Norholm, ce qui a eu pour effet de supprimer le pâturage et de diminuer considérablement le nombre des incendies ; or ils ont constaté en peu d'années une progression étonnante des espèces forestières, résineux ou feuillus qui se seraient installées naturellement ; malheureusement, les auteurs donnent très peu de renseignements sur l'état des sols ; de plus, les essences qui s'installent sont surtout des bouleaux et des résineux, rarement des chênes ; enfin, la progression des essences feuillues semble avoir lieu, d'après le schéma géologique publié, uniquement sur du sable dunaire, ou sur des alluvions anciennes de terrasses de rivière, *mais non sur la plaine fluvio-glaciaire à vieille lande :* il s'agit là probablement de sols jeunes et non de podzols caractérisés.

D'ailleurs, un peu plus tard, BORNEBUSCH [28], reprenait la question et constatait que de rares semis de chêne, chétifs et en partie étouffés par la bruyère, existaient sur des podzols ; or il semble que de tels semis n'aient guère d'avenir. BORNEBUSCH conclut en disant : « On ne peut reboiser que les Landes jeunes et celles qui offrent encore des reliques de la Chênaie, si le sol est bien drainé : ce sont les deux conditions de réussite », phrase par laquelle il rejoint nos propres conclusions.

II. — L'évolution progressive des sols (1)

D'après ce que nous avons dit sur le lessivage en climat atlantique, cette évolution progressive des sols, c'est-à-dire le retour d'un sol podzolique à l'état de sol brun ou lessivé, ne peut être causée que par une *reprise de l'activité biologique*. Or celle-ci dépend elle-même de deux facteurs essentiels : d'une augmentation de l'aération dans le cas des sols mal drainés, et d'une modification de la nature des débris végétaux et de l'humus superficiels.

Or ces deux facteurs, abaissement du plan d'eau, et modification de l'état de l'humus, dépendent eux-mêmes, dans les conditions naturelles, d'un changement dans la végétation. C'est la raison pour laquelle l'évolution progressive naturelle des sols est nécessairement *précédée par l'évolution progressive de la végétation.*

(1) Le terme « évolution progressive » fait allusion au retour vers ce que nous considérons comme le « Climax » du sol.

A vrai dire, il existe deux exceptions, d'une part le rajeunissement du sol par des causes extérieures, d'autre part les modifications du profil provoquées par l'homme, qui évidemment précèdent tout changement de végétation ; mais il ne s'agit pas là véritablement d'*évolution* du sol.

1° L'ÉVOLUTION PROGRESSIVE DES SOLS PODZOLIQUES

Elle est toujours consécutive à l'installation sur le sol d'espèces feuillues qui exercent une double action favorable. D'une part, abaissement de la nappe d'eau (en stations mouilleuses) par le drainage causé par les racines, d'autre part amélioration de l'humus, d'autant plus nette que le rapport C/N des débris végétaux est plus bas et leur richesse en cendres plus élevée. L'augmentation de l'aération favorise les bactéries aérobies, au détriment des anaérobies, beaucoup moins efficaces, et l'activité des microorganismes est stimulée également par la meilleure « digestibilité » en quelque sorte, des produits organiques ; pour les mêmes raisons, les animaux du sol, notamment les vers de terre, connaissent un regain de vitalité et pullulent à nouveau ; l'aération augmente encore de ce fait, et le brassage des différents horizons redevient intense ; or l'horizon B est en général plus riche en bases (notamment en ions Ca^{++}), en basoïdes et en argile, que l'horizon A. Le mélange intime des éléments de l'horizon B à l'horizon A a pour conséquence une reconstitution plus ou moins complète du complexe absorbant en A et une remontée du pH.

Les expériences de Burger sont, à cet égard, significatives. A la suite du drainage et du reboisement de prairies mouilleuses, il constate au bout de 40 ans, une diminution de la capacité en eau de 20 % [38]. A Langenthal, sur un sol compact et mouilleux, à la suite de l'utilisation d'espèces feuillues, et de la création d'un réseau d'assainissement, il note une augmentation de la capacité en air, qui passe en quelques années de 7 à 12 % [40]. A la suite de cette amélioration de la structure du sol, le lessivage décroît progressivement et on conçoit que le retour à l'état de sol lessivé ou brun soit aisé.

Dans le même ordre d'idées, Griffith, Hartwell et Schaw [106], ont noté en Nouvelle-Angleterre (Harvard Forest), une évolution analogue : A la suite de la substitution d'un peuplement de feuillus à un peuplement de Pins, la couche A_0 a presque complètement disparu, et le sol podzolique s'est progressivement transformé en un sol brun.

2° L'ÉVOLUTION PROGRESSIVE DES PODZOLS

Il est évident que le retour d'un podzol au stade sol brun apparaît, *a priori,* comme beaucoup plus difficile. Dans les podzols, l'activité biologique est très faible ; il est donc nécessaire que des changements considérables dans les conditions de milieu interviennent pour qu'une telle évolution soit amorcée. L'évolution de la flore, avons-nous dit, précède nécessairement celle du sol ; comme la réinstallation de la forêt sur podzol ne semble pas se produire normalement de façon naturelle en climat atlantique, surtout sur un podzol âgé, on ne conçoit guère comment cette évolution pourrait avoir lieu. Un seul cas semble théoriquement possible, bien que nous ne l'ayons jamais constaté : c'est celui d'une amélioration de l'activité biologique, à la suite de l'abaissement d'une nappe d'eau superficielle, pouvant être provoqué par des Pins installés naturellement. Mais l'augmentation de l'acidité superficielle par l'humus de pin, et l'intensification des phénomènes de lessivage, doit rapidement compenser cet avantage momentané.

Si l'on consulte les auteurs étrangers, ceux-ci semblent moins affirmatifs : Frei [90] cite, dans les Alpes suisses, le cas d'un sol brun podzolisé d'origine secondaire, provenant de l'évolution d'un podzol, à la suite de la substitution d'un *Nardetum* à un *Rhodoreto-Vaccinietum:* A ce sujet, on peut se demander s'il ne s'agit pas là d'un phénomène de rajeunissement à la suite d'apport d'éléments colluviaux ou éoliens ; les traces de l'ancien horizon A_2 du podzol sont en effet assez profondes (30 cm.) et elles sont surmontées d'horizons essentiellement minéraux, alors que, dans le podzol, ce sont des horizons presque exclusivement holorganiques (A_0) qui reposent sur A_2 : il faut bien admettre que ces éléments minéraux résultent d'un apport extérieur.

Frosterus [92] estime qu'un podzol peut évoluer vers le sol brun, à condition que la végétation se soit modifiée préalablement.

M. le Professeur Tamm (1) signale, en Suède, le cas d'une forêt de résineux sur podzol. Après une coupe rase, à la suite de la disparition de la couche d'humus brut, le bouleau s'est installé et le sol, bénéficiant d'une recrudescence de l'activité biologique, a évolué vers un type moins lessivé. M. le Professeur Pallmann (1) est du même avis ; il estime qu'une telle évolution est possible dans les Alpes suisses, à condition que la végétation ait subi une modification préalable.

Mais il est important de souligner que ces deux exemples concer-

(1) Renseignements inédits.

nent un type de climat bien différent du climat atlantique. En vertu des constatations que nous avons faites précédemment, la reprise de l'activité biologique au sein d'horizons à humus acide est beaucoup plus lente et plus difficile en climat atlantique qu'en climat boréal ou alpin, le climat atlantique ne bénéficiant pas, en effet, de périodes d'insolation intense comme les deux types de climat précédents.

D'autre part, les auteurs que nous avons cités pensent, comme nous, que la modification de la végétation est une condition préalable à l'évolution d'un podzol, et nous avons déjà insisté sur l'improbabilité de la réalisation d'une telle conjoncture, dans le domaine atlantique.

Il nous faut également mentionner deux cas particuliers, de modifications des podzols, par suite d'actions extérieures (rajeunissement) ou d'intervention humaine :

a) *Le rajeunissement des podzols*

Il est possible d'abord par érosion, à la suite de l'enlèvement des horizons supérieurs le long d'une pente : l'horizon illuvial mis à nu peut se transformer plus ou moins rapidement en un profil de type peu évolué ; ce phénomène a été signalé dans les landes, à propos d'horizons de garluche ou d'alios mis à nu par l'érosion. C'est un phénomène de même ordre, en Bretagne, qui empêche l'évolution des sols de pentes de roches tendres.

Un autre mode de rajeunissement s'opère par apports d'éléments colluviaux et éoliens : très fréquent en haute montagne (c'est l'explication la plus plausible de la modification du profil signalée par Frei), par l'apport de poussières éoliennes (Luftstaub, Braun-Blanquet et Jenny [**34**]), nous l'avons signalé également à maintes reprises dans les Landes, à la suite de dépôt de sables dunaires.

b) *Les possibilités de modifications du profil par intervention humaine*

L'homme peut surtout agir efficacement sur les horizons humifères superficiels qui constituent le principal obstacle à la germination. C'est ainsi que des régénérations ont pu être obtenues sur sols fortement podzoliques ou sur podzol naissant, par écroûtage de la couche d'humus brut (Hess [**118**]) ou par incinération de la lande et de l'horizon A_0 accompagnée de chaulage (Burger [**40**]).

Mais une fois les semis installés de cette façon, ils ne tardent pas à subir une crise grave lorsque leurs racines atteignent l'horizon cen-

dreux A_2, qui n'est pas capable de leur assurer une nutrition suffisante. De plus, si par suite de la reprise de l'activité biologique, un nouvel équilibre ne naît pas rapidement, l'effet de ces mesures s'avère d'assez courte durée.

Pour obtenir des résultats plus durables, il est nécessaire d'imiter la nature, et de provoquer artificiellement le phénomène qui se produit dans certains cas naturellement pour les sols podzoliques, à savoir le brassage et le mélange intime des horizons illuviaux et éluviaux : ce qui ne peut être obtenu que par un défonçage profond, ramenant en surface les éléments de l'horizon B, un chaulage pratiqué simultanément s'avérant comme très favorable.

La valeur de cette méthode est confirmée d'abord par les études de laboratoire récentes de MATTSON et KOUTLER-ANDERSON [158], qui ont démontré que le mélange des horizons A et B opposait au phénomène de lessivage une résistance bien plus élevée que l'horizon A seul, grâce à l'apport par l'horizon B d'éléments absorbants et de basoïdes. De plus, comme le signalent WEIS [228-29], WAKSMAN [227], l'horizon B des podzols âgés constitue une réserve en matière humique dont le rapport C/N *est plus faible que pour les horizons humifères superficiels, donc riche en azote* (1). En surface, en milieu aéré, et à plus forte raison en présence de chaux, cet humus peut se décomposer rapidement. WEIS affirme que l'horizon B_1 des podzols danois possède ainsi une réserve de 22 tonnes d'azote par hectare. L'expérience tentée au Danemark a donné des résultats satisfaisants et a permis le reboisement de surfaces assez importantes : malheureusement, cette méthode, très coûteuse, ne peut être pratiquée sur une grande échelle.

(1) D'après les mesures des rapports C/N des horizons A et B du sol 3319, dans les Landes, et qui figurent dans le tableau XXV, l'horizon d'alios présente un rapport C/N de 13, contre 21,2 pour l'horizon A.

CHAPITRE III

LA QUESTION DU CLIMAX

Avant d'aborder l'étude de ce problème, il importe de préciser la définition du mot climax, et celle d'un certain nombre de termes voisins (paraclimax, pseudoclimax, etc...), qui ont été employés par divers auteurs, avec des significations quelque peu variables.

Nous réserverons le terme de *climax, à l'association primitive* en équilibre avec le climat (*climax climatique*). Quant au *paraclimax* (ou *subclimax*), il a été défini par divers auteurs, en particulier TUXEN [**223**, **224**], HUMBERT [**126**, **127**]. TROCHAIN emploie le mot *pseudoclimax* dans le même sens [**219**] : il s'agit d'une association secondaire, qui résulte d'une évolution régressive de l'association primitive, mais *irréversible* dans les conditions naturelles.

Cette association constitue donc un nouvel équilibre stable et correspond à un nouveau type de sol, qui lui-même ne peut évoluer réversiblement. Ce sont le plus souvent ces nouvelles conditions de sol qui interdisent le retour à l'association primitive, et à ce titre il est possible de parler, avec HUMBERT [**126**, **127**], de *paraclimax édaphique*.

Les exemples de tels paraclimax sont nombreux : citons le cas des sols à croûte calcaire, qui apparaissent en climat méditerranéen subhumide ou semi-aride après déforestation, et qui s'opposent ensuite à la réinstallation de la forêt : la steppe à Alfa et à Armoise est alors un paraclimax. Il en est de même dans les régions tropicales où la brousse succède fréquemment à la forêt, lorsqu'elle est détruite, en même temps que le sol latéritique meuble se transforme en cuirasse latéritique impropre à la croissance de la forêt : il s'agit là encore d'une évolution le plus souvent irréversible (HUMBERT [**126**], TROCHAIN [**219**]).

En climat atlantique, nous sommes en présence d'un phénomène de même ordre, et selon nous, la lande à Ericacées sur podzol peut être assimilée à un paraclimax.

I. — Le climax dans le domaine atlantique

On peut admettre que le climax, c'est-à-dire l'association primitive naturelle, est une association forestière dans la majeure partie du domaine atlantique ; mais il est probable que, localement, lorsque l'ensemble des conditions de milieu est très défavorable à la stabilité du sol et de la forêt (exposition aux vents marins, climat très humide, roche-mère très pauvre et très filtrante), l'association primitive a pu être une Lande à Ericacées. Muller [166] admet que la plaine fluvio-glaciaire de l'Ouest du Jutland est occupée par une lande primitive, ce qui est d'ailleurs contesté par d'autres auteurs. Rubner [199] pense que l'Allemagne du Nord-Ouest est également primitive le long d'une étroite bande côtière. En France, la lande à Ericacées véritablement climacique est rare : Presque partout dans les régions que nous avons étudiées, le climax semble avoir été une forêt. De nombreux documents historiques en témoignent, de même que les récentes analyses polliniques (Dubois [67]). Enfin, certaines forêts bretonnes, en particulier, qui ont pu subsister, sont les témoins de massifs autrefois beaucoup plus étendus.

C'est qu'en effet dans le domaine atlantique français, il est rare que les conditions de climat et de roche-mère se trouvent être simultanément très défavorables à la forêt : en Basse-Bretagne, où le climat favorise au maximum la dégradation des associations forestières, le sol schisteux ou cristallin est en général assez riche. Dans le sous-secteur des Landes, au contraire, à condition de sols très défavorables, c'est le climat qui est plus chaud et plus ensoleillé.

C'est donc très localement, sur les crêtes gréseuses, les plus arrosées et exposées aux vents marins, que nous pourrons trouver dans la Basse-Bretagne, des landes primitives, ou tout au moins très anciennes, qu'on pourra qualifier de climax, lié à la nature du sol et à la topographie (climax édaphique ou topographique) ; c'est le cas des landes du Menez Hom, et de certaines stations des Monts d'Arrée (Stations 233-236).

Partout ailleurs, on peut admettre que le climax était une forêt où les chênes devaient dominer, et parfois le Hêtre dans les régions les plus humides et sur sol filtrant. Nous avons déjà exposé les raisons (chapitre I) pour lesquelles le Charme, à notre avis, devait être rare, dans cette forêt primitive, et localisé seulement dans les stations les plus fertiles ; il semble que cette essence ait été multipliée par l'homme et favorisée par le traitement en taillis. Quant au Pin maritime, il de-

vait très probablement constituer un élément important de la forêt climacique du Sud-Ouest de la France (Landes).

Nous résumons par le tableau suivant, les principaux types de climax forestiers tels que nous les avons déjà définis dans les trois secteurs que nous avons plus spécialement étudiés.

Secteur	Quotient pluvioth.	Roche-mère et Stations	Associations climaciques
Ligérien	Sup. à 100	filtrante	Chênaie-Hêtraie à humus doux (*Querceto-Fagetum*).
	id.	compacte	Chênaie acidophile (à éléments d'humus doux) *Quercetum ilicetosum*)
	100 ou inf.	variable	
Armoricain	Sup. à 160	sol drainé	Chênaie-Hêtraie acidophile (*Querceto-Fagetum ilicetosum*)
		stat. non drainée	Chênaie acidophile (*Quercetum ilicetosum*)
des Landes	Sup. à 120	Sables	Chênaie-Pineraie (Chêne pédonculé)

II. — Les associations paraclimaciques

D'après toutes les constatations que nous avons pu faire, la Lande à Ericacées sur podzol, répond exactement à la définition de l'association paraclimacique ; c'est une association secondaire (sauf les rares cas que nous venons de signaler), dont l'évolution progressive vers la Chênaie semble impossible naturellement, en raison des nouvelles conditions du sol ; il s'agit donc d'un *paraclimax édaphique*, qui est lié à certaines conditions de roche-mère (ou de topographie) : nous avons vu en effet que la podzolisation en climat atlantique ne paraissait atteindre son terme que sur les roches-mères pauvres en colloïdes, en bases échangeables et très filtrantes au moins en surface, ainsi que sur les crêtes gréseuses à relief accentué.

Beaucoup d'auteurs ont émis des hypothèses analogues sur la stabilité des Landes de l'Ouest, et leur caractère de paraclimax : Rol [192], Lemée [144] pour le Maine, le Perche ; Chevalier [48] pour la Bre-

tagne. TROCHAIN [219] exprime la même idée en disant: « La forêt tempérée qui produit l'ortstein (alios) n'a pas de climax, elle se détruit elle-même en modifiant le facteur sol sur lequel elle pousse; se détruisant, elle cédera la place à de nouveaux groupements; il en est de même des pseudosteppes subdésertiques à carapaces ».

Par contre, quand TUXEN [223-24] qualifie le *Querceto-Betuletum* (c'est-à-dire la Chênaie dégradée) de paraclimax sur sol sableux dans l'Allemagne du Nord-Ouest, nous pensons qu'il ne s'agit là, en réalité, que d'une étape, et que le véritable paraclimax est la lande à Ericacées sur podzol (landes de Luneburg).

Cependant, nous avons déjà insisté sur le fait que toutes les landes atlantiques ne sont pas des paraclimax. Celles qui ne sont pas paraclimaciques, se différencient des Landes paraclimaciques par deux facteurs importants. *Leur sol n'est pas un podzol et elles présentent encore de nombreuses espèces, reliques de la Chênaie;* à ce propos, il est nécessaire de distinguer deux cas; certaines de ces landes sont seulement des landes jeunes dont l'évolution n'est pas terminée, pas plus que celle du sol (sol podzolique); si l'homme n'intervient pas, elles sont destinées à devenir des landes paraclimaciques sur podzol.

TABLEAU XXVII. — LANDES TEMPORAIRES SUR SOL PEU LESSIVÉ

Secteur	Station roche-mère	Sol	Type de lande
1° Ligérien	Argiles riches	Brun ou lessivé	Lande à Molinie (pauvre en Ericacées).
2° Armoricain	Pentes schisteuses	Brun ou lessivé	Lande à Ericacées
3° des Landes a) Vieille dune	Sables dunaires	Sol squelettique ou faiblement podzolique (rajeunissement)	Lande à *Pteris Aquilina* et *Ulex europæus* (parfois à Ericacées)
b) Pays Basque Chalosse	Schistes cénoman. et divers	Sol brun	Lande à Ericacées et Molinie (Thouya)

D'autres, au contraire, gardent leur caractère de lande jeune, et restent des associations temporaires maintenues dans cet état par le renouvellement des actions biotiques destructrices : ce sont celles qui sont caractérisées par un sol stable, ne se lessivant pas pour une raison de roche-mère ou de topographie ; les landes sur sol brun, sur les pentes schisteuses ou sur sol argileux riche en bases échangeables appartiennent à cette catégorie : le retour à la forêt est possible, à condition que les facteurs biotiques qui l'inhibent, cessent de s'exercer. Dans le tableau XXVII, nous citons les cas les plus typiques que nous ayons rencontrés, d'associations temporaires à Ericacées.

Les landes paraclimaciques, s'opposent à ces dernières, par leur sol qui est un podzol, et par la composition phytosociologique de l'association qui ne comporte qu'un petit nombre d'espèces reliques de la Chênaie, celles-ci d'autant plus rares que la lande est plus ancienne et le podzol plus caractérisé. Ainsi même à ce stade, l'évolution se poursuit toujours dans le même sens, et les possibilités de retour en arrière deviennent de plus en plus faibles. Dans la lande paraclimacique, arrivée à maturité, donc très ancienne, c'est non seulement la croissance des feuillus qui est compromise, mais encore celle des résineux les plus frugaux ; nous avons noté à ce sujet les conclusions de Gron et de Wittich en ce qui concerne les podzols d'Irlande et du Danemark. Il est à craindre que dans les Landes de Gascogne, le problème de la régénération et de la croissance des Pins maritimes se pose avec une acuité de jour en jour plus grave.

Les landes paraclimaciques sont, nous l'avons vu, localisées sur les roches-mères les plus pauvres, en éléments absorbants et en bases échangeables. Dans le tableau XXVIII nous récapitulons les exemples les plus caractéristiques que nous avons observés dans les trois secteurs étudiés.

Ces landes constituent donc des associations stables, pour lesquelles le retour à la forêt feuillue primitive semble impossible, sans une transformation préalable du sol opérée artificiellement, comme nous l'avons signalé plus haut. Il va sans dire qu'une telle opération serait très coûteuse et nécessiterait de gros travaux ; par contre, dans la plupart des cas, le reboisement en résineux est encore praticable. Il aura pour effet de créer un *peuplement* artificiel, superposé le plus souvent à l'association d'Ericacées, mais ne pouvant provoquer le retour à la forêt primitive ,climacique, en équilibre avec son sol.

TABLEAU XXVIII. — LANDES PARACLIMACIQUES SUR PODZOL

Secteur	Roche-mère et station	Sol	Type de lande paraclimacique	Exemples étudiés
Ligérien	1° Sables peu argileux	Podzol à Gley ou p. hum.	Lande humide à *Molinia cærulea* et *Calluna vulgaris*	St. 1315 et 1316
	2° Argiles très caillouteuses (stat. bien drainées)	Podzol humo-ferrugineux.	Landes à Callune (plantation de pins)	136-137
	3° Sables (st. horizont.)	Podzol hum.	Lande à *Calluna vulgaris* et *Erica cinerea*	1321-1322
Armoricain	1° Crêtes et sommets de pentes gréseuses	Podzol humo-ferrugineux	Lande mésophile à Ericacées	233-236
	2° Grès sableux en st. horiz.)	Podz. humique	Lande humide à *Erica tetralix*	239
Landes	Sables	Podz. humique à alios (Localement, podz. humo-ferrugineux)	Lande humide à *E. Scoparia.* (Localement lande sèche à *Calluna vulgaris* et *Erica cinerea*).	3319-20-21 3311-3312

APPENDICE

APPLICATION AU PROBLÈME DE LA VISE EN VALEUR DES FORÊTS DÉGRADÉES ET DES LANDES DANS LE DOMAINE ATLANTIQUE

D'après les conclusions que nous avons formulées sur le climax en climat atlantique, on peut aisément se rendre compte qu'il se pose en réalité deux problèmes bien distincts : d'une part, celui de la restauration de forêts dégradées et de landes non paraclimaciques, sur sols peu lessivés : il s'agit alors d'arrêter l'évolution régressive des sols et de la végétation et de provoquer le retour à une ambiance forestière stable ; d'autre part, le problème du reboisement des landes paraclimaciques sur podzol, qui est tout différent ; il vise à créer un peuplement de résineux, qui pourra présenter un intérêt économique, mais ne sera en général pas susceptible de provoquer une évolution des associations vers la forêt climacique.

Il va de soi que la seconde de ces deux opérations est soumise à de nombreux aléas, et qu'elle ne présente qu'un intérêt économique restreint en raison de la lenteur de croissance des arbres sur ces sols ; dans bien des cas même, elle n'est pas à recommander en raison de la structure de l'économie rurale locale. La première, au contraire, relativement facile à réaliser avec beaucoup de chances de succès, si l'on prend certaines précautions, est pratiquement beaucoup plus intéressante.

I. — Mise en valeur des forêts dégradées et des landes non paraclimaciques

1° Principes généraux

Si l'on en juge d'après les constatations faites au cours de la précédente étude, le retour au climax, c'est-à-dire à la forêt feuillue, reste possible. S'il est très favorable au point de vue cultural et notamment au point de vue de l'amélioration du sol forestier, dans la plupart des

cas, il n'est pas souhaitable économiquement. L'installation des feuillus est en effet plus difficile et plus coûteuse que celle des résineux, leur croissance est plus lente, sur ces sols appauvris, et la valeur des produits reste faible surtout par manque de qualité et de demande.

Il faudra donc préférer les plantations de résineux, seuls susceptibles, dans ces conditions, de donner des produits très demandés et d'une réelle valeur économique. Mais il est nécessaire de corriger dans une certaine mesure l'influence nocive que ces espèces peuvent exercer sur l'état de l'humus et du sol *en se rapprochant le plus possible des conditions du climax;* à cet effet, il est indispensable de prendre certaines précautions et de suivre certaines règles précises, destinées surtout à conserver le sol en bon état, malgré l'utilisation de résineux comme essence de rapport.

Ces précautions portent sur quatre points fondamentaux:

a) Choix d'une *essence peu acidifiante* et dont les aiguilles et les débris soient susceptibles de se décomposer assez rapidement. Il faut donc proscrire les pins, qui par leurs débris d'écorce acidifient fortement le sol; le pin sylvestre est, nous l'avons vu, particulièrement dangereux à ce point de vue.

b) Création simultanée d'un *mélange de feuillus,* qui pourront être aisément recrutés dans la strate arborescente primitive, tant que celle-ci reste bien représentée; par contre, lorsqu'elle est d'une densité insuffisante, il est nécessaire de la compléter par des plantations d'espèces peu exigeantes, et si possible améliorantes pour le sol. Ce problème est délicat à résoudre, car les espèces dont les feuilles sont facilement décomposables, telles que l'Orme et le Frêne, sont particulièrement exigeantes. Les espèces à la fois frugales et génératrices d'humus doux, appartiennent au groupe des espèces fixatrices d'azote atmosphérique, soit par des nodosités, soit par des mycorhizes: grâce à cette propriété, le rapport C/N de la feuille reste faible, ce qui facilite sa décomposition. A ce propos, il semble que les Aunes présentent un intérêt particulier; le Robinier faux-acacia, également favorable, est malheureusement envahissant et gênant pour l'exploitation: son emploi sera limité à des cas particuliers.

c) *Plantation claire* des résineux destinés à constituer le peuplement de rapport. L'effet acidifiant sur le sol en est réduit d'autant, les feuillus assurant la couverture de celui-ci. De plus, grâce à ces derniers, l'élagage naturel des résineux se fait bien, et le produit final présente la même valeur que dans une plantation originellement serrée et éclaircie ensuite plus fortement: les éclaircies porteront en effet surtout

sur les feuillus. La plantation faite ainsi à 2 ou 3 m. entre les plants répartis régulièrement, si le couvert est restreint, ou par bouquets dans les clairières, s'il existe un couvert important, nécessitera 1.000 à 2.500 plants à l'hectare et sera économique.

d) Dans le cas de dégradation de la forêt accompagnée d'un relèvement du plan d'eau, *drainage du sol* par des fossés d'assainissement indispensable.

2° Choix des essences

En ce qui concerne le choix des essences et la réalisation pratique d'un tel repeuplement, il importe de distinguer deux cas bien différents :

a) *Dans le premier cas,* il s'agit de forêts qui n'en sont encore qu'au premier stade de dégradation, c'est-à-dire qui, tout en présentant des vides, offrent cependant un couvert assez dense. Ce type correspond le plus souvent à la Chênaie dégradée à *Deschampsia flexuosa, Pteris Aquilina* et souvent *Vaccinium Myrtillus* que nous avons décrite dans les divers secteurs. Il faudra faire appel à une essence d'ombre pour laquelle les feuillus restants pourront servir d'abri. Les sapins semblent particulièrement indiqués pour une telle opération. Non seulement ils supportent un ombrage suffisamment tamisé, mais encore ils sont susceptibles d'étouffer par leur couvert épais les espèces sociales du sous-bois acidifiantes pour le sol, beaucoup mieux que ne le feraient des essences de lumière, telles que les Pins. De plus, l'humus fourni par les sapins est de qualité nettement supérieure à celui des pins. Il est moins acide et se décompose relativement vite. Voici à cet égard les résultats des analyses comparatives effectuées par nos soins sur des horizons A_1, prélevés dans des peuplements voisins de pins sylvestres et de sapins, sur des sols absolument comparables du domaine des Barres.

Parcelles	Peuplement	pH	C/N
Barillons (IV et V)	*Pinus sylvestris*	5,5	23,4
	Abies grandis	5,8	13,9
Enclos des pins	*Pinus sylvestris*	5,5	23,3
	Abies cilicica	6,6	13,3
Grande Métairie	*Abies Nordmanniana* .	7,2	15,2

On voit que les sapins donnent un humus dont le rapport C/N est plus bas que celui des pins sylvestres ; leur intérêt cultural est donc

bien supérieur, alors que leur intérêt économique n'est pas moindre. En effet, ils ont des tiges très droites et produisent en un temps minimum, un bois tendre ayant de multiples débouchés.

Voici quelles sont les principales espèces à recommander; nous ajoutons à cette liste *Tsuga heterophylla,* espèce intéressante dans les zones à fortes précipitations :

Espèces	Secteurs	Observations
Sapin pectiné (*A. alba*)	Secteur armoricain	
Sapin de Nordmann .. (*A. Nordmanniana*)	Secteur ligérien Secteur armoricain Secteur aquitanien	
Sapin de Vancouver .. (*Abies grandis*)	Secteur du Massif Central Secteur armoricain Secteur ligérien	Sol profond et climat humide
Tsuga heterophylla ...	id.	Climat très humide

b) *Le second cas à envisager,* s'applique aux forêts se trouvant à un stade de dégradation plus avancé, à strate arborescente extrêmement claire ou même parfois complètement absente : il s'agit alors de la Chênaie dégradée à bruyères ou même de la lande jeune sur sol peu lessivé; le problème se pose alors différemment : il est évident qu'il n'est plus possible d'utiliser directement une essence d'ombre, mais si l'on doit donner la préférence à une essence de lumière, susceptible de croître en plein découvert, on devra la choisir, relativement peu exigeante et *faiblement acidifiante pour le sol;* son couvert devra être assez dense pour faire disparaître les Ericacées qui, nous l'avons vu, fuient l'ombre en climat océanique, et provoquer ainsi l'amorce d'une évolution progressive du sol et de la végétation. Ces deux dernières conditions excluent nettement l'emploi des Pins, mais semblent être remplies pour le *Douglas* (*Pseudotsuga Douglasii*) qui peut être utilisé dans tous les secteurs, sauf le sous-secteur des Landes, trop chaud (1).

(1) La lande jeune à *Pteris Aquilina* et *Ulex Europæus* des Landes, constitue un cas particulier, qui, nous l'avons vu, s'écarte notablement de la Chênaie dégradée des autres secteurs; la strate de feuillus est en général peu dense. Par exception, on pourra continuer à utiliser dans cette région le pin maritime, d'ailleurs moins acidifiant que le sylvestre. Il sera indispensable de ne pas négliger les précautions mentionnées ci-dessus pour prévenir la formation de l'alios.

Les analyses concernant l'humus du Douglas, dans les peuplements des Barres, ont donné les résultats suivants :

Parcelles	pH	C/N
Barillon I	6,4	14,6
Pièce Marchand	6,4	14,8

chiffres qu'il est intéressant de comparer à ceux du pin sylvestre, sur sols analogues, donnés dans le tableau précédent.

On pourra aussi employer avec succès le *Chamæcyparis Lawsoniana.*

II. — Le repeuplement des landes paraclimaciques sur podzol

La réalisation en est beaucoup plus difficile : il est nécessaire d'utiliser des résineux ne craignant pas la grande lumière, acceptant une forte acidité du sol et peu exigeants quant à leur nutrition minérale et azotée ; la réussite est toujours aléatoire, surtout sur les sols mal drainés, les podzols à gley ou les podzols humiques à alios : dans de telles conditions, seules des espèces résistantes à l'asphyxie des racines peuvent végéter. Comme, dans la plupart des cas, on ne peut espérer faire disparaître la lande et provoquer une évolution en retour vers la forêt, il n'y a pas d'inconvénient à utiliser les Pins, et particulièrement le Pin maritime, partout où le climat est assez doux pour qu'il n'ait pas à craindre la gelée (secteur armoricain et secteur aquitanien). Cette espèce est en effet une des rares qui puissent satisfaire aux conditions essentielles énoncées ci-dessus ; elle offre en outre l'avantage de pouvoir être installée par semis, ce qui rend son emploi plus économique.

Il va de soi qu'une telle opération nécessitera des travaux de préparation du sol, mais ils peuvent être, sur ces sols peu ou pas ensouchés, exécutés avec des moyens mécaniques ; il est indispensable, en particulier, de détruire la couche d'humus brut A_0, qui s'oppose à la germination des graines ; on pourrait procéder à un écobuage, mais il est plus indiqué et moins dangereux de pratiquer un labour superficiel par bandes, dans lesquelles on répandra les graines. Lorsqu'on se trouve en présence de podzol à gley ou de podzol humique à alios, il est en outre nécessaire d'ouvrir un réseau de drainage, qui devra être par la suite soigneusement entretenu.

Lorsque la Lande joue un rôle dans l'économie rurale de la région, le reboiseur pourra se limiter à la constitution d'un peuplement clair de pin maritime superposé à cette lande. Mais, chaque fois qu'elle est

possible, la création d'un peuplement mélangé résineux-feuillus est particulièrement à recommander sur de telles stations ; elle est évidemment beaucoup plus délicate à réaliser que dans le cas des forêts dégradées. Nous avons signalé que les podzols n'étaient pas susceptibles d'assurer une bonne nutrition des feuillus. Il faudra donc renoncer aux feuillus qu'on trouve normalement dans la forêt climacique (Chênes et Hêtres) pour s'adresser à des essences particulièrement frugales, grâce à l'assimilation d'azote atmosphérique, les Aunes par exemple ; ces espèces pourront provoquer une certaine amélioration du sol en stimulant l'activité biologique, et elles favoriseront la nutrition azotée et la rapidité de croissance des résineux.

Lorsque les risques de gelée hivernale ne permettent pas la culture du pin maritime, c'est-à-dire, dans la plus grande partie du secteur ligérien, on aura recours aux pins laricios de Corse ou de Calabre, moins acidifiants et plus productifs que le pin sylvestre, de préférence à celui-ci. Les analyses du rapport C/N de l'humus, pour deux peuplements de Pins laricios de Calabre des Barres, ont montré la nette supériorité de ce dernier, par rapport au sylvestre, à ce point de vue :

Parcelle	pH	C/N
Barillon XI	5,8	14,8
Pièce Marchand	6,4	13,5

Dans la plupart des cas, il faudra recourir à la plantation. On peut utiliser également le Mélèze du Japon, et l'Epicea de Sitka (secteur armoricain).

L'importance des dégagements sera limitée, sauf lorsque *Erica Scoparia* occupe une grande place.

Les plantations de feuillus peu exigeants et améliorants peuvent précéder toute autre introduction et lorsqu'ils ont constitué un couvert suffisant, on a la possibilité d'utiliser les essences d'ombre comme dans le cas précédent ; mais il est évident, qu'étant donné les conditions de sol, la réussite du reboisement sera beaucoup plus aléatoire.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les résultats généraux de nos recherches sont les suivants :

1° Le présent mémoire est la première étude d'ensemble sur l'évolution des sols en milieu atlantique. Contrairement à la grande majorité des travaux de cet ordre, qui sont des études statiques, nous nous sommes attaché particulièrement à mettre en relief le déterminisme de la formation des sols en liaison avec le climat et la végétation.

C'est ainsi qu'aux trois grands états de la végétation que nous avons définis, Chênaie climacique (*Quercetum ilicetosum*), Chênaie dégradée (*Quercetum occidentale*), Lande, correspondent respectivement un sol brun ou peu lessivé, un sol podzolique, et un podzol. L'évolution de la Chênaie vers la lande à bruyères s'accompagne donc d'une podzolisation progressive du sol.

Cette évolution se produit spontanément dans certains cas seulement, sur roche-mère sableuse ou caillouteuse, très filtrante, pauvre en éléments absorbants, et en climat très humide ; elle peut être accélérée par l'action humaine.

Par contre, sur roches-mères à la fois suffisamment drainées et bien pourvues en éléments absorbants et en bases échangeables, lorsque règne une grande activité biologique, il se constitue un équilibre sol-forêt, qui est stable et ne peut être détruit que par les actions violentes, principalement biotiques (homme, pâturage, etc...).

Nous avons été conduit à distinguer trois grands types de landes :

a) Les landes jeunes et temporaires, sur sols bruns ou peu lessivés. Ces landes, qui résultent presque toujours d'une action de destruction de la forêt par l'homme, occupent des stations pour lesquelles l'évolution pédologique est freinée par la nature de la roche-mère, ou la situation topographique. Elles offrent un grand nombre de caractéristiques de la Chênaie : protégées, elles peuvent évoluer facilement et naturellement vers cette association.

b) Les landes, encore jeunes, sur sols podzoliques : elles n'ont pas encore pu influencer profondément le sol qui est en voie d'évolution vers le podzol. Le retour à la Chênaie est encore possible sous cer-

taines conditions (plantations de résineux suivant des règles très précises).

c) Les landes sur podzol, qui sont en équilibre avec ce sol et constituent donc un *paraclimax* stable. L'évolution en retour vers la Chênaie n'est pas possible naturellement.

2° Nous avons défini les types d'humus forestier par une méthode, qui n'a pas encore été appliquée à cette étude par le rapportCarbone-Azote. L'humus doux, composé de petites molécules, à C/N faible, est donc plus dispersé que l'humus brut, mais se minéralise rapidement et de ce fait ne peut jouer un rôle important dans la podzolisation.

L'humus brut au contraire, composé de grosses molécules, a un C/N élevé. Il résiste davantage à l'activité bactérienne, se décompose lentement et quoique moyennement dispersé, il migre en profondeur sous forme colloïdale ; c'est l'agent chimique principal de la podzolisation en climat atlantique.

Le pH différencie bien les deux types d'humus dans les cas extrêmes, mais nous avons montré qu'aux pH moyens (5), l'humus peut être de l'un ou de l'autre type et seul, le rapport C/N permet de le définir.

3° Sous le climat atlantique la podzolisation n'est pas, comme dans les pays boréaux, un phénomène général et inéluctable. Elle n'a lieu que sous le couvert de la végétation formée de certains résineux (pins) et d'Ericacées, et elle est alors particulièrement rapide.

4° Cette observation a conduit à distinguer deux phases fondamentales du lessivage des sols ; la première phase, en forêt feuillue (Chênaie) est un entraînement purement mécanique des colloïdes électronégatifs ; ce lessivage reste peu important dans tous les cas où la forêt est en équilibre stable avec son sol ; il s'accélère lorsqu'une cause perturbatrice intervient et prépare alors la seconde phase par l'appauvrissement du complexe absorbant des horizons supérieurs qui en résulte.

La seconde phase, liée à la lande, est une podzolisation chimique causée par les colloïdes humiques à C/N élevé, fabriqués par la bruyère : c'est donc la lande qui provoque, en climat atlantique, la formation des podzols.

5° Nous avons adopté la classification générale des sols proposée par Oudin et Aubert, en la précisant par certaines constantes analytiques. En ce qui concerne les podzols, nous avons constaté que la migration des colloïdes humiques en profondeur subissait d'importan-

tes variations suivant la profondeur moyenne du plan d'eau, ce qui nous a conduit à proposer une classification des types de podzols établie en fonction des oscillations de ce plan d'eau. Cette classification, inspirée de TAMM, mais adaptée aux conditions du climat atlantique, s'appuie sur la comparaison des taux de matière organique des horizons A_2 et B (rapport de podzolisation de la matière organique).

6° Nous avons observé des différences importantes dans le processus de la podzolisation et la rapidité de l'évolution des associations dans les trois secteurs étudiés, suivant le climat, la roche-mère, la topographie :

a) *Le climat*

Les types de climat des différents secteurs ont été comparés à l'aide du Quotient pluviothermique d'EMBERGER, qui traduit de la manière la plus simple et en même temps la plus exacte, leur influence sur la podzolisation.

En climat doux et peu humide (secteur ligérien), les deux phases de lessivage (mécanique et chimique), sont relativement séparées dans le temps ; même après destruction de la forêt par l'homme, on n'observe sur les sols bruns qu'un type de lande pauvre en Ericacées. En climat très humide et sur stations en pente (secteur armoricain), les phénomènes sont différents : les deux phases se chevauchent plus ou moins : la migration de l'humus débute alors que l'horizon A_2 est encore riche en argile. La lande à bruyères, favorisée par le climat, peut s'installer sur un sol brun, non lessivé, après déforestation.

b) *La roche-mère*

Les principaux types de roche-mère ont été classés à l'aide de la teneur moyenne en éléments fins (limon + argile) dans le secteur ligérien ; et à l'aide de l'indice des minéraux basiques de TAMM, dans le secteur armoricain ; grâce à cet indice, nous avons pu déterminer d'une manière suffisamment précise, la proportion de grès et d'éléments schisteux dans les roches primaires.

La podzolisation est d'autant plus rapide que la roche-mère est plus perméable et mieux drainée. Les sols argileux compacts ou schisteux, s'opposent au lessivage, mais en station horizontale, le danger de remontée du plan d'eau peut être à l'origine de la disparition de la forêt, qui, sur ces sols, manifeste une instabilité physique.

Sur les roches-mères sableuses en stations horizontales, l'horizon illuvial humique a tendance à se concrétionner en masse et à former l'*alios*.

c) *La topographie*

Principal agent du rajeunissement des sols sur roches tendres, elle joue un rôle particulier sur les roches dures, dans le secteur armoricain, et donne lieu au phénomène de *lessivage oblique* que nous avons étudié de façon détaillée pour la première fois.

Les phases de la podzolisation sont alors séparées non seulement dans le temps, mais aussi dans l'espace :

Le lessivage débute par une migration oblique de l'argile et du fer qui s'accumulent dans les fonds.

Au cours d'une période transitoire, argile et humus, migrent ensemble obliquement le long de la pente.

Enfin, à la phase lande, on observe une migration sur place, donc *verticale,* des acides humiques, qui s'accumulent en un horizon B très humifère.

7° Variations locales des associations dans un secteur.

Elles sont plus directement liées au pH et à la teneur en bases échangeables, parmi lesquelles nous avons dosé la chaux : les exemples les plus typiques ont été observés dans le secteur ligérien en raison de la grande variété des roches-mères ; nous avons été amené à distinguer trois types fondamentaux de Chênaie, caractérisés par trois flores différentes : la Chênaie neutrophile (à humus doux voisin de la neutralité), la Chênaie à humus doux proprement dite, et la Chênaie acidophile ; chacune des trois flores de ces associations correspond à un pH de plus en plus faible. Nous pensons que c'est en réalité la nutrition en azote, de plus en plus médiocre, qui est le facteur déterminant de la distribution des espèces caractéristiques : elle annonce les conditions d'alimentation azotée encore plus précaires qui caractérisent les espèces sociales de la Chênaie dégradée et de la Lande (faible rapport C/N des tissus des espèces de ces associations).

8° Nous avons pu tirer de notre étude des conclusions pratiques concernant la mise en valeur des Landes. Nous avons montré que le reboisement des landes paraclimaciques s'avérait difficile et que le retour au climax feuillu y était impossible, alors que le repeuplement des landes jeunes, provenant d'une dégradation récente de la forêt, était plus aisé et plus intéressant économiquement. Dans ce but, nous avons préconisé l'emploi de résineux moins acidifiants que les Pins (utilisés habituellement), en mélange avec des feuillus fixateurs d'azote, destinés à améliorer le sol.

BIBLIOGRAPHIE

1. Aaltonen (V.). — Zur Stratigraphie des Podsolprofils. I. (*Comm. inst. forest. Fenn.*, 20-**6**, Helsinki, 1935).
2. Aaltonen (V.). — Über die zeitliche Entwicklung des Podsolprofils. (*Verhandl. der II. Kommission und der Alkalisubkommission der IBG*, Teil A, pp. 41-**6**, Helsinki, 1938).
3. Aaltonen (V.). — Zur Stratigraphie des Podzolprofils. II. (*Comm. inst. forest Fenn.*, 27-**4**, Helsinki, 1939).
4. Aarnio (B.). — Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Ausfällung des Eisens in Podsolböden. (*Int Mitt. Bodenk*, 3, pp. 131-140, 3, 1913).
5. Agafonnof (V.). — Processus podzolique dans les sols sableux des Landes. (*C. R. Ac. Sc.*, 183, pp. 425-427, 1926).
6. Agafonnof (V.). — Les sols de France au point de vue pédologique. (Paris, Dunod 1936).
7. Aichinger. — Vegetationskunde der Karawanken, 1933.
8. Albert (R.). — Die sogenannte Bodenerkrankung. (*Jahresber. D. Forst. Ver.*, 1928).
9. Allorge (P.). — Les associations végétales du Vexin français. (*Thèse*, Univ. Paris, 1922).
10. Allorge (P.). — Etude de la flore et de la végétation de l'Ouest de la France : A propos des espèces atlantiques de la flore française. (*Bull. soc. bot. France*, pp. 1183-1194, 1922).
11. Allorge (P.). — Remarques sur quelques associations végétales du Massif de Multonne. (*Bull. Mayenne-Sciences*, 1924, pp. 77-78; 1925, pp. 27-51).
12. Allorge (P.). — Synthèse phytogéographique du Pays Basque. (*Bull. Soc Bot. France*, t. 88, pp. 291-356, 1941).
13. Allorge (P.) et Gaume (R.). — Esquisse phytogéographique de la Sologne. (*Bull. Soc. bot. France*, 72; sess. extr. de 1925 - 1931).
14. Angot (A.). — Etude sur le climat de la France; température moyenne. (*Ann. Bureau central météorol. Fr.*, Mémoire paru en 1907).
15. Angot (A.). — Etudes sur le climat de la France; températures extrêmes, jours de gelée. (*Ann. Bureau central météorol. Fr.*, Mémoire paru en 1908).
16. Anne. — Dosage rapide du carbone organique des sols. (*Ann. Agron.*, **2**, p. 161, 1945).
17. Aubert (G.). — Relations entre la pédologie et la géographie botanique. (*Bull. Ass. fr. p. l'étude du sol*, t. II, N° 2, juin 1937).
18. Aubert (G.). dans Demolon (A.). — Principes d'agronomie. T. I : La dynamique du sol. (3e éd., Dunod, Paris 1944, chapitre 3).

19. Aubert (G.). — Rapports entre les caractères des sols et leur vocation culturale. (*C. R. Ac. Agriculture France*, 14 avril 1943).
20. Aubert (G.). — Observations sur les sols de l'Anjou. (*C. R. Ac. Sc. Paris*, décembre 1945).
21. Aubert (G.) et Betremieux (R.). — Pédologie et paysage rural. Les sols de bocage. (*Ann. Agron.*, T. XIII, pp. 251-274, 1943).
22. Aubert (G.) et Duchaufour (Ph.). — Les sols du domaine d'Harcourt. (*C. R. Ac. Agriculture France*, 20 nov. 1946).

23. Barbier (G.). — Conditions et modalités de la fixation de l'hydrate ferrique colloïdal par l'argile des sols. (*Ann. Agron.*, T. VIII, pp. 34-43, 1938).
24. Becker-Dillingen (J.). — Die Ernährung des Waldes. (Verlagsgesellsch. f. Ackerbau, Berlin, 1940).
25. Bordas (J.). — Etat actuel et orientation de la pédologie en France. (*Assoc. franç. p. l'étude du sol*, Avignon, 1941).
26. Bornebusch (Ch.). — Skovbundsstudier. (*Forst. Forsogsv. i. Danemark*, T. VIII, pp. 1-148 et 181-288, 1923 - 1926).
27. Bornebusch (Ch.). — Die Florentypen der dänischen Buchenwälder und ihre wirtschaftliche Bedeutung. (*Forstw. Centralbl.*, 1931).
28. Bornebusch (Ch.). — Dybtgaaende jordbundsundersogelser. (*Forst. Forsogsv. i. Danmark*, T. XIII, pp. 1-50, 1931 - 1935).
29. Boudru (M.). — A propos de certaines propriétés des feuilles et aiguilles mûres de nos arbres forestiers en liaison avec leur pouvoir améliorant. (*Bull. Soc. centr. forest. de Belgique*, N° 3-4, pp. 129-162, 1947).
30. Braun-Blanquet (J.). — L'origine et le développement des flores dans le Massif Central de la France. (Zürich - Paris, 1923).
31. Braun-Blanquet (J.). — Plant sociology ; the studies of plant communities. (New-York et Londres, 1932).
32. Braun-Blanquet (J.). — Zur Kenntnis nordschweizerischer Waldgesellschaften. (*Stat. int. Géobot. médit. et alp.*, N° 17, 1932).
33. Braun-Blanquet (J.). — Association végétale et Climax du sol dans le Midi méditerranéen. (*Revue des Eaux et Forêts*, 72, pp. 1-7, 1934).
34. Braun-Blanquet (J.) et Jenny (H.). — Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. (*Neue Denkschr Schweiz. Naturf. Ges.*, 65, 175-349, 1926).
35. Braun-Blanquet (J.), Emberger (L.), Molinier (R.). — Instructions pour l'établissement de la carte des groupements végétaux. (*C. N. R. S., service de la carte des groupements végétaux de France*, Montpellier, 1947).
36. Buffault (P.). — Etude sur la côte et les dunes du Médoc. (Souvigny, 1897).
37. Bürger (H.). — Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. (*Mitt. Schweiz. Zentralanst. forstl. Versuchswesen*, 13, 1, 1922).
38. Bürger (H.). — Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden ; Entwässerungen und Aufforstungen. (*Mitt. eidgen. Anst. forstl. Versuchswesen*, T. XX, Heft I, pp. 1-100, Zürich, 1937).
39. Bürger (H.). — Bodenverbesserungsversuche. *Ibidem*, T. XX, Heft 2, Zürich, 1938.
40. Bürger (H.). — Bodenverbesserungsversuche. *Ibidem*, T. XXIV, Heft 2, pp. 518-579. Zürich, 1946.

41. Burgevin et Henin. — Influence de la profondeur du plan d'eau sur le développement des plantes. (*Ann. Agronom.*, 3, pp. 288-294, 1943).

42. Cajander (A. K.). — Über Waldtypen. (*Acta forest. fennic.*, I, Helsinki, 1909).

43. Chaminade (R.). — Sur l'existence dans les sols des complexes phospho-humiques. (*C. R. Acad. des Sc.*, 29, pp. 235-237, 1943).

44. Chaminade (R.). — Les formes du phosphore dans le sol. Nature et rôle des complexes phospho-humiques. (*Ann. Agron.*, T. XIV, pp. 1-53, 1944).

45. Chaminade (R.). — Nouvelles recherches sur les composés phospho-humiques. (*Ann. Agron.*, T. XVI, pp. 229-240, 1946).

46. Chevalier (A.). — Les espèces atlantiques de la flore française et la genèse de la flore de l'Ouest. (*A. F. A. S.*, Bordeaux, 1923).

47. Chevalier (A.). — Note historique et biologique sur quelques espèces d'arbres et arbustes du district armorico-ligérien. (Mélanges dédiés au Professeur Daniel, Rennes, 1936).

48. Chevalier (A.). — Climax forestiers anciens et actuels du district armorico-ligérien. (*Bull. Soc. bot. France*, LXXXIII, 1936).

49. Chevalier (A.) dans de Martonne (E.). — Traité de géographie physique. (Tome III, 1934).

50. Chodat (F.). — La concentration des ions H du sol et son importance pour la constitution des formations végétales. (Genève, 1924).

51. Chouard (P.). — Documents cartographiques sur les tourbières actuelles et préhistoriques de France. (*C. R. Congr. intern. géogr. Paris*, T. II, 1931).

52. Clarke. — Brown earth in Britain. *Imperial bureau of soil science*. N° 74, pp. 3-13, 1937.

53. Combes (R.). — Action du milieu extérieur sur le métabolisme végétal. I.: Le métabolisme des substances azotées chez une plante ligneuse développée en atmosphère chaude et humide. (*Rev. gén. de Bot.*, T. XLIV, 1934).

54. Combes (R.). — La forme des végétaux et le milieu. (Armand-Colin, 1947).

55. Combes (R.) et Echevin (R.). — Variations des matières organiques des matières minérales et en particulier du calcium dans les feuilles des arbres au cours du jaunissement automnal. (*C. R. Ac. Sc.*, T. CLXXXII, 1926).

56. Crump (W. B.). — The coefficient of humidity. (*New phytol.*, 12, pp.125-147, 1913).

57. Cure (P.). — Les essais de représentation synthétique des climats pour la géographie botanique. (Documents pour les cartes de productions végétales. Paris, Lechevalier, 1943).

58. Dansereau (P.). — L'Erablière laurentienne. I.: Valeur d'indice des espèces. (Université de Montréal, Institut botanique, 1943).

59. Dansereau (P.). — L'Erablière laurentienne. II.: Les succession et leurs indicateurs. (*Ibidem*, pp. 235-291, 1946).

60. Demolon (A.). — Principes d'Agronomie. T. I: La dynamique du sol. T. II: La dynamique des plantes. (Dunod, édit., Paris).

61. Demolon (A.) et Bastisse. — Rôle vecteur de la silice dans les phénomènes géophysiques et physiologiques. (*Ann. Agron.*, T. XIV, pp. 265-297, 1944).

62. Demolon (A.) et Leroux (D.). — Guide pour l'étude expérimentale du sol. (Gauthier-Villars, Paris, 1933).
63. Denis (M.). — Pédologie et Phytosociologie. (*Archives de Bota.*, T. I, N° 5, p. 86, 1927).
64. Dion (R.). — Le Val de Loire (Tours).
65. Dubois (G.). — Les modifications postglaciaires de la silve européenne d'après les résultats des analyses polliniques des tourbes. (*Annales de géographie*, juillet 1932).
66. Dubois (G.). — Sur la silve de l'Armor Léonard depuis le Flandrien moyen et sur la genèse de quelques tourbes en cette contrée. (*C. R. Ac. des Sc.*, T. 197, p. 1145, 1933).
67. Dubois (G.) et Madame Dubois. — Tourbière de Saint-Michel de Braspart. *Bull. Soc. géolog. de France*, 4014, pp. 204-205, 1945).
68. Ducet (G.), Guerillot (J.), Guyot (A.). — Estimation du pH et de la teneur en calcaire des terres par l'examen méthodique de la végétation spontanée. (*Ann. Ec. Nat. Agr. Grignon*, Série 3, T. IV, pp. 32-115, 1944).
69. Duchaufour (Ph.). — Le sol et la flore forestière en quelques points des secteurs parisien et ligérien. (*Rev. des Eaux et Forêts*, déc. 1946, pp. 701-702; janv. 1947, pp. 16-38).
70. Duchaufour (Ph.). — Le hêtre est-il une essence améliorante ? (*Rev. des Eaux et Forêts*, pp. 729-737, déc. 1947).
71. Duchaufour (P.). — Notes sur quelques types de sols de Bretagne et leurs caractéristiques floristiques. (*Recueil de travaux de l'Institut botanique de Montpellier*, fasc. 3, pp. 12 à 20, Montpellier, 1947).
72. Duchaufour (Ph.). — Note sur les sols landais et sur le problème de leur amélioration. (*C. R. Ac. Agriculture France*, 7 avril 1948).
73. Duchaufour (Ph.), Gaussen (H.), Rey (P.). — L'emploi des couleurs en cartographie pédologique. (*C. R. Ac. Sciences*, T. 224, pp. 956-957, 24 mars 1947).

74. Ehrart (H.). — Traité de pédologie. T. I. (Strasbourg, Institut pédologique, 1935).
75. Emberger (L.). — La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. (*Revue Gén. de Bot.*, T. 42, 1930).
76. Emberger (L.). — Nouvelle contribution à l'étude de la classification des groupements végétaux. (*Rev. Gén. de Bot.*, T. 45, 1933).
77. Emberger (L.). — Remarques critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines. (*Bull. Soc. Bot. Suisse*, T. 46, pp. 614-631, 1936).
78. Emberger (L.). — Aperçu général sur la végétation du Maroc, avec une carte phytogéographique au 1/1,500.000. (*Publ. inst. géobotaniq. Rübel de Zürich*, Heft 14, pp. 40-157, 1939).
79. Emberger (L.). — Un projet de classification des climats au point de vue phytogéographique. Rapport rédigé au nom de la Commission pour le Congrès international de botanique de Stockholm. (*Bull. Soc. hist. nat. Toulouse*, T. 77, pp. 97-124, 1942).
80. Emberger (L.). — Les limites de l'aire méditerranéenne en France. (*Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, T. 79, pp. 159-180, 1944).
81. Erdmann (F.). — Altern, Entarten, Erkranken des Waldbodens. (*Silva*, 1930).

82. Etter (H.). — Pflanzensoziologische und bodenkundliche Studien an Schweizerischen Laubwäldern. (*Mitt. der Schw. Anstalt forstl. Versuchswesen,* XXIII, 1, pp. 1-132, Zürich, 1943.
83. Etter (H.). — Über die Waldvegetation am Südostrand des Schweizerischen Mittellandes. (*Mitt. der Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.,* XXV B., 1. H., pp. 141-210, Zürich, 1947).
84. Evrard (F.). — Les faciès végétaux du Gâtinais français et leurs rapports avec ceux du Bassin de Paris dans la région de Fontainebleau. (*Thèse,* Fac. Sc. Paris, 1915).

85. Feher. — Recherches sur la microbiologie du sol forestier. (Compte rendu de Oudin, *Revue des Eaux et Forêts,* p. 895, 1934).
86. Flahaut (Ch.). — La flore et la végétation de la France. Introduction à la flore de H. Coste, 1901.
87. Fournier. — La Chênaie sessiliflore de l'Ouest de la France. (*Bulletin Soc. des Sc. de Seine-et-Oise,* 1932).
88. Franc de Ferrières (J.). — Géologie et Pédologie. *Thèse* (Imprimerie Alsacienne, Strasbourg, 1937).
89. Franc de Ferrières (J.). — pH des sols de France. (*Ann. Agron.,* T. 17, pp. 11-22 et pp. 213-225, 1947).
90. Frei (E.). — Morphologische, chemische und kolloid-chemische Untersuchung subalpiner Weide und Waldböden der Rendzina und der Podsolserie. Ein Beitrag zur Humusklassifizierung. (*Mitt. aus dem Agrikulturchemischen Inst. der Eidgen. Techn. Hochsch. in Zürich,* 1944).
91. Freudenberg. — Tannin, Zellulose, Lignin. (Berlin, 1933).
92. Frosterus. — Jordmanernas uppkomst och egenskaper. (*Géolog. i Finland Geotekn. Meddel,* N° 10, 1912).

93. Gadeceau. — La forêt de Paimpont. (*Bull. Soc. bot. de France,* T. 72, pp. 449-454, 1925).
94. Ganssen. — Beobachtungen an Kiefernböden auf Meeresdünen der Insel Wollin. (*Mitteil. aus Forstwirtsch. u. Forstwiss.,* 1931).
95. Gaume (R.). — Les associations végétales de la forêt de Preuilly (Indre-et-Loire). (*Bull. Soc. bot. Fr.,* 71, pp. 58-172, 1924).
96. Gaume (R.). — Aperçu sur quelques associations végétales de la forêt d'Orléans. (*Ibidem,* pp. 1194-1207, 1924).
97. Gaume (R.). — La Chênaie de Chêne sessile de la forêt de Montargis. (*Bull. Assoc. Naturaliste Vall. du Loing, Moret,* fasc. 1, 1925).
98. Gaume (R.). — La flore de la forêt d'Orléans aux environs de Lorris. (*Ibid.,* fasc. 3, 1926).
99. Gaume (R.). — Deux jours d'herborisation en Puisaye. (*Ibidem,* fasc. 1 et 2, 1929).
100. Gaussen (H.). — La géographie des plantes. (Libr. Armand-Colin, Paris, 1933).
101. Gaussen (H.). — Etages et zones de végétation de la France. (*Ann. géographie,* 47, 1938, et *Atlas de France,* carte N° 26, 2, 3 et 4).
102. Georges (P.). — La forêt de Bercé (Sarthe). Etude de géographie physique. (Th. Univ. Paris, 1936).
103. Georges (P.). — Essai de classification géographique des associations végétales forestières de l'Ouest entre bocage normand et Touraine. (*Revue*

des Eaux et Forêts, T. 83, pp. 687-703, déc. 1945, et T. 84, pp. 11-26, 1946).

104. Gile (P. L.). — Natur of colloïdal soil material. (*Coll. symp. monogr.*, 1925).

105. Glinka (K. D.). — Die Typen der Bodenbildung. (Berlin, 1914).

106. Griffith (B. G., Hartwell (E. W.), Schaw (T. E.). — The evolution of soils affected by the old field white pine mixed hardwood succession in central New-England. (*Harvard forest bull.*, 15, 1930).

107. Gron (H.). — Le reboisement des Landes du Jutland. (*Intersylva*, janvier 1942).

108. Guinier (Ph.). — Le Roc de Chère. Etude phytogéographique. Editeur : Abry, Annecy, 1906.

109. Guinier (Ph.). — Les associations végétales et les types de forêts du Jura français. (*Ann. Ec. Nle des Eaux et Forêts et la Stat. Rech. et Exp. forest.*, T. IV, fasc. 2, pp. 265-279, 1932).

110. Guinier (Ph.). — L'œuvre de Chambrelent. La mise en valeur des Landes et la création de la forêt landaise. (Bordeaux, éd. Delmas, 1944).

111. Guinochet (M.). — Etudes sur la végétation de l'étage alpin dans le bassin supérieur de la Tinée (Alpes-Maritimes). (*Thèse*, Fac. Sc. Grenoble, 1938).

112. Guinochet (M.). — Observations sur la végétation des étages montagnard et subalpin dans le bassin du Giffre (Haute-Savoie). (*Rev. géné. Botan.*, T. LI, 1939).

113. Hamdi (H.). — Zur Kenntnis der kolloïdchemischen Eigenschaften des Humus. Dispersoidchemische Beobachtungen an Graphitoxyd. (*Kolloïd Beiheften Dresde u. Leipzig*, 54, Heft 10-12, 1943).

114. Hartmann (F. K.). — Zur soziolog.-ökolog. Charakteristik der Waldbestände Norddeutschlands. (*Silva*, 1933-34).

115. Henin (S.). — Etude physico-chimique de la stabilité structurale des terres. (*Thèse* Doct. Univ. Paris ; monographie publ. p. les stat. et lab. de Rech. agron., Paris, 1938).

116. Henin (S.) et Ternisien. — Sur une relation entre la pluviosité, le drainage et l'évaporation. (*C. R. Acad. des Sc.*, T .219, p. 80-82, 10 juill. 1944).

117. Henin (S.) et Dupuis (J.). — Bilan de la matière organique des sols. *Ann. Agron.*, T. 15, pp. 17-29 ,1945).

118. Hess (E.). — Le sol et la forêt. (*Ann. de la Stat. fédér. de rech. forest.*, Zürich, 1929).

119. Hess (E.). — Le rôle des feuillus dans la reforestation. (*Beihefte zu den Zeitschriften des Forstvereins*, N° 19, Zürich, 1940).

120. Hesselman (H.). — Studier over barrskogens humusstäcke dess egenskaper och beroende ov skogsvarden. (*Meddel Statens skogsförsöksanst.*, 22, N° 5, p. 169, 1926).

121. Hesselman (H.). — Om Klimatets humiditet i vart land och dess inverkan pa mak, vegetation och skog. (*Medel. Statens Skogsförsöksanst.*, 26, pp. 65-76, 1932).

122. Hesselman (H.). — Über die Abhängigkeit der Humusdecke von Alter, und Zusammensetzung der Bestände im nordlichen Fichtenwald von Blaubeerreichen typ und Einwirkung der Humusdecke auf die Verjüngung

und Wachstum des Waldes. (*Meddel Statens Skogsförsöksanst.*, H. 30, pp. 529-715, 1937).
123. Hesselman (H.) et Melin. — Studien über die Entwicklung der Nadelbaumpflanze in Rohhumus. (*Meddel Statens Skogsförsöksanst.*, H. 23, pp. 337-494, 1927).
124. Hofman et König. — Untersuchung über Graphitoxyd. (*Z. anorg. allg. Chem.*, 234, H. 4, 1937).
125. Hollstein. — Bodentypus und Waldtypus auf Küstendünen. (*Forstwiss. Centralbl.*, 1931).
126. Humbert (H.). — Les aspects biologiques du problème des feux de brousse et la protection de la nature dans les zones intertropicales. (*Inst. Royal colonial belge; Bull. des séances*, IX, 3, pp. 813-835, 1938).
127. Humbert (H.). — La protection de la nature dans les Colonies. (*Conf. colon. Mus. hist. nat.*, pp. 24-39, 16 mai 1943).

128. Issler (E.). — Les associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante. (Decker, édit., Colmar, 1925-1927).

129. Jaccard (P.). — The distribution of the flora in the alpine zone. (*New Pytol.*, 11, pp. 37-50, 1912).
130. Jenny (H.). — Factors of soil formation. (*Mc Grawhill publications in the agricultural Sciences*, 1941).
131. Joffe (J. S.). — Soil profile studies. III. The process of podzolisation. (*Soil sc.*, vol. XXXII, 4, pp. 303-323, 1931).
132. Joffe (J. S.). — Soil profile studies. IV. Morphological and chemical evidence of podzolisation. (*Soil sc.*, vol. XXXIII, 3, pp. 218-236, 1932).
133. Joffe (J. S.). — Soil profile studies. V. Mature podzol. (*Soil sc.*, XXXV, 4, pp. 314-330, 1933).
134. Joffe (J. S.). — Pedology. (New Brunswick, New Jersey, 1936).
135. Joret et Malterre. — Les sols du Vimeu. (*Ann. Agron.*, pp. 367-403, 1943).
136. Joret et Malterre. — Les sols du Plateau picard. (*Ann. Agron.*, T. XV, pp. 173-216, 1945).
137. Jovet (P.). — L'Ormaie subrudérale. (*Bull. Soc. bot. de Fr.*, 83, pp. 265-268, 1936).
138. Junker. — Zur Kenntnis der kolloidchemischen Eigenschaften des Humus. (*Kolloid Zeitschr.*, B. 95, H. 2, mars 1941).

139. Kuhnholtz-Lordat (G.). — La terre incendiée, essai d'agronomie comparée. (Nîmes, Brugnier, édit., 1938).

140. Lachaussée. — La régénération de l'épicéa en haute montagne. (*Revue des Eaux et Forêts*, p. 281, 1947).
141. Lafforgue (G.), Riedel (C.), Franc de Ferrière (J.). — Les Graves de Bordeaux. (Dir. des Services Agric. de Gironde, 1936).
142. Lang (R.). — Gliederung der Humusformen. (*C. R. congrès de Nancy*, pp. 675-685, 1932).
143. Lemée (G.). — L'association climatique finale, ou climax dans le territoire du Perche. (*C. R. Ac. Sc.*, 199, pp. 83-85, 1936).
144. Lemée (G.). — Recherches écologiques sur la végétation du Perche. (*Thèse*, Fac. Sc., Paris. Libr. gén. de l'Enseignement, 1937).

145. Lemée (G.). — Monographie phytogéographique d'une forêt normande; la forêt de Cerizy. (*Bull. Soc. Linn. de Normandie,* T. 10, pp. 125-141, 1937).
146. Lemée (G.). — Sur la végétation silvatique du Bessin. (*Bull. Soc. Linn de Normandie,* pp. 21-24, comm. du 4 juillet 1938).
147. Lemée (G.). — Etude sur la végétation et les sols des forêts de Randan et de Montpensier (Allier - Puy-de-Dôme). (*Rev. des Sc. nat. d'Auvergne,* vol. IX, fasc. 14, pp. 69-81, 1943).
148. Lundegardh (H.). — Ecological studies in the assimilation of certain forest-plants and shore-plants. (*Svensk. botanisk tidskrift,* 15, Stockholm, 1921).
149. Lundegardh (H.). — Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. (Edit. Gustav Fischer, Iéna, 1930).
150. Lunt. — Forest soils problems in New England. (*Ecology,* XIX, N° 1, pp. 50-56, 1938).
151. Luquet (A.). — Essai sur la géographie botanique de l'Auvergne. Les associations végétales du Massif des Monts Dore. (*Thèse,* Univ. Paris, 1926).

152. Maran (B.). — Propriétés physiques des sols podzolisés présentant une couche d'alios. (*C. R. Congrès de Nancy,* Berger-Levrault, édit., pp. 686-699, 1932).
153. Marshall. — Colloids in Agriculture. (Leeds University, Londres, 1935).
154. Martonne (E. de). — Traité de géographie physique. (Paris, Armand-Colin, 5e édit., 1934).
155. Mattson (S.). — The laws of soil colloidal behavior III et IV. Isoelectric precipitates. (*Soil sc., vol.* 30, pp. 459-495, 1930, et vol. 31, pp. 57-77, 1931).
156. Mattson (S.) et Gustafsson (Y.). — The chemical characteristics of soil profiles. I. The podsol. (*Lantbruks-högskolans Ann.,* pp. 33-68, Uppsala, 1934).
157. Mattson (S.) et Gustafsson (Y.). — The electrochemistry of soil formation. I. The gel and the sol complex. (*Annals of the agricult. Coll. of Sweden,* vol. 4, pp. 1-54, 1937).
158. Mattson (S.) et Koutler-Anderson (E.). — The electrochemistry of soil formation. V. A lysimeter study of podzolic solvation and precipitation. (*Ibidem,* vol. 10, pp. 241-257, 1942).
159. Mattson (S.) et Koutler-Anderson (E.). — The acid-base condition in vegetation, litter and humus: I. Acids, acidoids and bases in relation to decomposition. II. Acids, acidoids and bases in relation to soil types. III. Acidoid formation in relation to base status. IV. The strength of the acidoids and the relation to nitrogen. (*Ibidem,* vol. 9, pp. 1-73, 1941).
160. Mattson (S.) et Lönnemark (H.). — The pedography of hydrologic podzol series. I. Loss on ignition, pH and amphoteric reactoins. (*Ibidem,* vol. 7, pp. 185-227, 1939).
161. Mattson (S.) et Karlsson (N.). — The pedography of hydrologic podzol series: VI. The composition and base status of the vegetation in relation to the soil. (*Ibidem, vol.* 12, pp. 186-203, 1944).
162. Melin (E.). — The first stages of decomposition of some litter types by microorganismes. (*Actes du congrès intern. des Stat. rech. forest.,* Stockholm, 1929).

163. Mörk (E.). — Les végétaux ligneux de la couverture vivante. (*Medd. fra. det norske Skogforsoksv.;* Bull. 33, T. IX, fasc. III, Oslo, 1946, analysé par Perrin H., *Revue des Eaux et Forêts,* mars 1947).
164. Mothes. — Ernährung, Struktur und Transpiration. (*Biolog. Zentralbl.,* 1932).
165. Müller (P. E.). — Recherches sur les formes naturelles de l'humus et leur influence sur la végétation et le sol. (Traduit par Grandeau, Nancy, 1889).
166. Müller (P. E.). — Bidrag til de jydske Hedesletters Naturhistorie. *Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. biolog. Meddel.,* IV, 2, Copenhague, 1924).

167. Nemec (A.) et Kvapil (K.). — Biochemische Studien über die Azidität der Waldböden. (*Zeitsch. Forst. u. Jagdwesen,* 56, 1924).
168. Nemec (A.). — Untersuchungen über die Humifizierung von Waldhumus. (*Zeits. Forst. u. Jagdwesen,* 7-8, pp. 11-23, 1928).

169. Oden (S.). — Die Huminsäure. (Dresde et Leipzig, 1919).
170. Olsen (C.). — Studies on the Hydrogen ion concentration of the soil and its significance to the vegetation, especially to the natural distribution of plants. (*C. R. Trav. labor. Carlsberg,* 15, I, Copenhague).
171. Oppermann (A.) et Bornebusch (C.). — Norholm Skov og Hede. (*Komm hos. andr. fred. host. et Son.,* Copenhague, 1930).
172. Oudin (A.). — Le pH et le développement des semis forestiers. (*Revue des Eaux et Forêts,* p. 300, 1928).
173. Oudin (A.). — Classification pédologique et cartographie des sols de France. Etudes actuellement réalisées. (*C. R. Ac. Agric. France,* T. 23, pp. 415-423, avril 1937).
174. Oudin (A.). — La pédologie, son objet, ses méthodes, son intérêt agronomique. (*Bull. Ass. franç. p. l'étude du sol,* T. III, N° 4, déc. 1937).

175. Pallmann (H.). — Dispersoidchemische Probleme in der Humusforschung (*Kolloid Zeitschrift,* T. 101, Heft 1, 1942).
176. Pallmann (H.). — Über Waldböden. (*Zeitsch. Schweiz. Forstvereins,* Nr. 21, 1943).
177. Pallmann (H.). — Bodenkunde und Pflanzensoziologie. (Ecole Polytechnique fédérale; Etudes littéraires, sociales, économique, Zürich, 1948).
178. Pallmann (H.), Frei (E.), Hamdi (H). — Die Filtrationsverlagerungen hochdisperser Verwitterungs- und Humifizierungsprodukte im Profil der mässig entwickelten Braunerde. (*Koll. Zeitschr,* T. 105, 2, 1943).
179. Pallmann (H.), Hasler (A.) und Schmutziger (A.). — Beitrag zur Kenntnis der alpinen Eisen und Humuspodsole. (*Bodenkund und Pflanzenernährung* 9-10, pp. 94-122, 1938).
180. Pavillard (J.). — Eléments de sociologie végétale (Phytosociologie). (Paris, Hermann, édit., 1935).
181. Pavillard (J.). — The present status of the plant association. (*Bot. Rev.,* pp. 210-232, 1935).
182. Perrin (H.). — Indices d'aridité et types de végétation forestière. (Paris, 1931).
183. Perrin (H.). — Indices d'aridité et répartition des essences forestèires. (Paris, 1931).

184. Pourtet (J.). — Les repeuplements artificiels. (Ecole Nationale des Eaux et Forêts, édit., Nancy, 1946).
185. Pourtet (J.) et Duchaufour (Ph.). — Possibilités d'utilisation en France de quelques essences canadiennes. (*Revue des Eaux et Forêts,* pp. 129-151, mars 1946).

186. Quastel (J.-H.). — Le métabolisme de l'azote dans le sol. (*Endeavour,* N° 23, pp. 129-134, 1947).

187. Ramann (E.). — Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. (Berlin, 1921).
188. Reynaud-Beauverie (M.-A.). — Le milieu et la vie en commun des plantes. (Paris, Lechevalier, édit., 1936).
189. Richard (F.). — Die biologische Abbau von Zellulose und Eiweiss Testschnüren im Boden von Wald und Rasengesellschaften. (*Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchsw.,* XXIV, 1, pp. 297-395, 1945).
190. Robinson (G. W.). — Soils, their origin, constitution and classification. (Londres, Murby, édit., 1936).
191. Rol (R.). — Les forêts françaises. (*Ann. de géographie,* pp. 150-150, et *Atlas de France,* pl. 38, mars 1936).
192. Rol (R.). — La flore de la forêt de Bercé, caractères et évolution. (*Rev. des Eaux et Forêts,* T. 85, pp. 493-500, 1937).
193. Rol (R.). — Contribution à l'étude de la répartition du sapin. (*Ann. Ec. Nat. des Eaux et Forêts,* T. VI, 1937).
194. Rol (R.). — Du choix des essences en matière de reboisement. (*Rev. des Eaux et Forêts,* pp. 536-553, août-sept. 1946).
195. Rol (R.), Pourtet (J.), Duchaufour (Ph.). — Notes forestières sur la Bretagne et le Cotentin. (*Ann. Ec. Nationale des Eaux et Forêts,* T. X, fasc. 3, 1947).
196. Rommell (L. G.). — Ecological problems of the humus layer in the forest. (*Ithaca N. Y. University,* M. 170, 1935).
197. Roux (G.). — Le reboisement dans la région landaise. (*Rev. Eaux et Forêts,* août 1946).
198. Rubel. — Die Buchenwälder Europas. (Verlag Hans Huber, Berne-Berlin, 1932).
199. Rubner (K.). — Die pflanzengeographisch-ökologischen Grundlagen des Waldbaus (J. Neumann, édit., Neudmann, 1934).
200. Rüssel (E. J.). — Les conditions de sol et la croissance des plante.s (Paris, Flammarion, édit., traduit de la 4e édition anglaise, 1923).

201. Salisbury (E. J.). — Note of the edaphic succession in some dune soils with special reference to the time factor. (*J. Ecol.,* 13, pp. 322-328, 1925).
202. Sanson (J.). — Recueil de données statistiques relatives à la climatologie de la France. (Paris, O. N. M., 1945).
203. Sargos (R.). — Les problèmes de la forêt landaise. (*Actes et C. R. Assoc. Techniciens Agric. du Sud-Ouest,* fasc. I, pp. 1-30, 1930).
204. Sargos (R.). — Statistique de la production de bois et de gemme de la forêt landaise en 1937. (*Rev. des Eaux et Forêts,* T. 76, pp. 37-51, 1938).
205. Schaeffer (L.). — Travaux récents sur la pédologie forestière. (*Revue Soc. forest. Franche-Comté,* T. XX, pp. 72-83, 1933).

206. Schmutziger (A.). — Über die Verteilung und den Chemismus der Humusstoffe in den Profilen einiger schweizerischer Bodentypen. (*Diss. E. T. H.*, 1935).
207. Schollenberger (C. J.). — A rapid approximate method for determining soil organic matter. (*Soil sc.*, pp. 65-68, 1927).
208. Schucht (F.). — Grundzüge der Bodenkunde. (Verlagsbuchhandlung Parey, Berlin, 1930).
209. Sigmond (A. von). — The principes of soil science. (Jacks, London Murby, 1938).
210. Siebutt (A.). — Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde. (Berlin, 1930).
211. Stremme (H.). — Grundzüge der praktischen Bodenkunde. (Berlin ,1926).
212. Süchting (H.). — Améliorations des sols forestiers et augmentation de la production par le chaulage. (*Intersylva,* janvier 1943).
213. Susplugas (J.). — Le sol et la végétation dans le Haut Vallespir (P.-O.). (*Thèse,* Fac. Sch. Paris-Montpellier, 1942).
214. Tamm (O.). — Markstudier i det nordsvenska Barrskogsomradet. (*Medd fr. statens skogsforsoksanst.*, H. 17, pp. 49-276, Stockholm, 1920).
215. Tamm (O.). — Studier over jordmanstyper och deras forhallande till markens hydrologi i nordsvenska skogsterranger. (*Medd. fr. statens skogsforsoksanst.*, H. 26, pp. 163-408, Stockholm, 1930-31).
216. Tamm (O.). — En snabbmetod för mineralogisk jordartsgrauskning. (*Svenska skogsv. tidskr.*, H. I-III, pp. 231-250, 1934).
217. Tamm (O.). — Om ett forsok med Bjorkforyngring i markförbattrande syfte pa svag sandmark i sodra sverige. (*Svensk. skogsv. Tidskr.*, H. II, pp. 241-268, 1936).
218. Tamm (O.) et Wadman (E.). — Om skogens naturlinga betingelser i Hamra revir. (*Ibidem,* H. II, pp. 1-80, 1945).
219. Trochain. — Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. (Mémoire Inst. Franç. d'Afrique Noire. Larose, édit., Paris, 1942).
220. Trocme (S.) et Barbier (G.). — Observations sur les propriétés colloïdales d'acides humiques d'origine diverse. (*Ann. Agron.*, T. 17, pp. 346-363, mai-juin 1947).
221. Turesson (G.). — Die Pflanzenart als Klimaindicator. (Lund, 1933).
222. Tüxen (R.). — Über einige nordwestdeutsche Waldassociationen von regionaler Verbreitung. (*Jahrb. Geogr. Ges. Hanover,* 1929-30).
223. Tüxen (R.). — Klimaxprobleme des N.W.-europäischen Festlandes. (*Nederl. Kruidk. Arch.*, pp. 293-309, 1933).
224. Tüxen (R.) und Diemont (W. H.). — Weitere Beiträge zum Klimaxproblem des westeneuropäischen Festlandes. (*Mitt. Naturwissensch. ver. Osnabrück,* 23, pp. 131-184, 1936).
225. Vanstone (E.). — The soil and the plant (Mac Millan, Londres, 1947).
226. Waksman (S. A.) et Iyer (K.). — Contribution to our knowledge of the chemical nature and origin of humus. I. On the synthesis of the humus nucleus. II. The influence of synthesized humus compounds and of natural humus upon soil microbiological processes. III. The base exchange capacity of synthesised humus and of natural humus complexes. IV. Fixation of lignin by proteins and formation of complexes resistant to microbial decomposition. (*Soil Sc.*, 34, pp. 43-70, 1932 et 36, pp. 57-67 et 69-82, 1933).

227. Waksman (S. A.). — Humus. (Edit. William and Wilkins, Baltimore, 1936).
228. Weis (Fr.). — Fysiske og Kemiske undersogelser over danske Hedejorder. I. (*Det. Kgl. Dansk. Videnskab. Selskab. biologiske Medd.,* VII, 9, Copenhague, 1929).
229. Weis (Fr.). — Fortsatte fysiske og kemiske undersogelser over danske Hedejorder og andre podsoldannelser II. (*Ibidem,* X, 3, Copenhague, 1932).
230. Wilde. — Forest soils and Forest growth. (*Chronica botanica C°*, Waltham, Mass. U. S. A., 1946).
231. Wittich (W.). — Sur la possibilité d'une afforestation des sols de formation « Old red Sandstone » en Irlande. (*Intersylva,* juillet 1942).
232. Wittich (W.). — Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einen Boden mit Mullzustand. (*Forstarchiv.,* 1943).
233. Catalogue des espèces cultivées dans l'Arboretum des Barres. (*Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts,* Tome IX, fasc. 1, 1944).

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté:

1° Production expérimentale des mutations.
2° Rôle de la pesanteur dans la tectonique alpine.

Vu et approuvé:
Montpellier, le 7 juillet 1948.
Le Doyen de la Faculté des Sciences de Montpellier,
P. Mathias

Vu et permis d'imprimer:
Montpellier, le 7 juillet 1948.
Le Recteur de l'Académie,
P. Guillon.

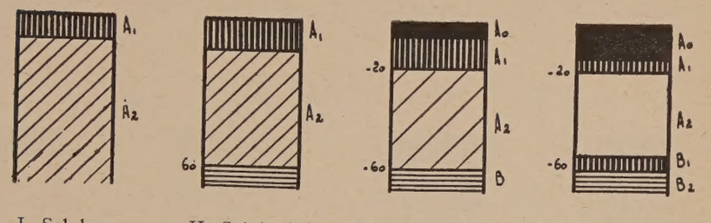
PLANCHE XI

Evolution des sols sur roche-mère riche en argile (Schémas)

Série A: Roche-mère argileuse compacte.

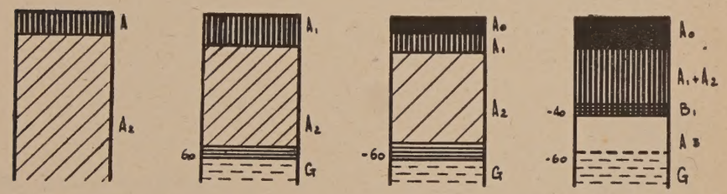
I. Sol brun — II. Sol lessivé ou podzolique — III. Sol tourbeux

Série B: Roche-mère argileuse et caillouteuse, station drainée.



I. Sol brun — II. Sol lessivé — III. Sol podzolique — IV. Podz. humo-ferrug.

Série C: Roche-mère argileuse et sableuse, non drainée.



I. Sol brun — II. S. lessivé à G. — III. S. podz. à G. — IVa. Podz. humique

Humus brut
Horizon humifère
Horizon faiblement lessivé
Horizon fortement lessivé
Horizon cendreux
Accumulation argile et fer
Alios humique
Gley

IVb. Podz. à Gley

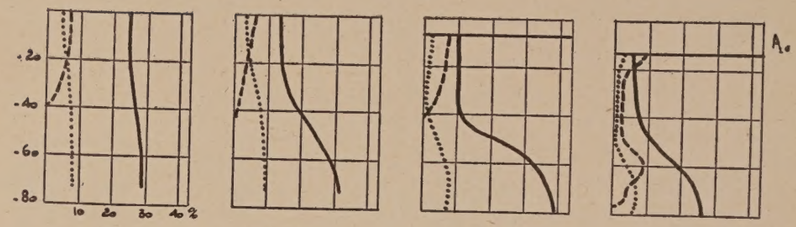
PLANCHE XII

Evolution des sols sur roche-mère riche en argile (Analyses)

Série A

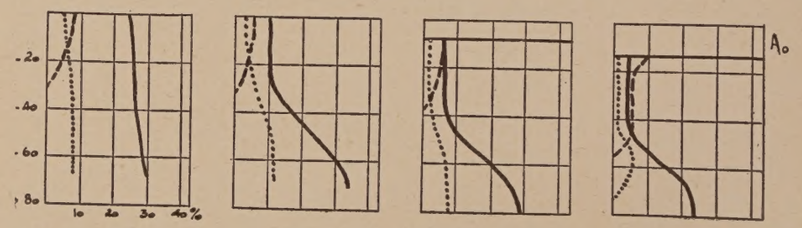
I — II — III

Série B



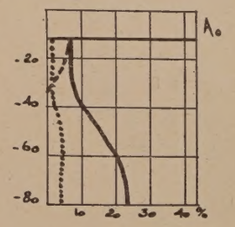
I — II — III — IV

Série C



I — II — III — IVa

Argile en %
Matière organique
Fer libre (% multiplié par 10)



IVb